

Aus der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie
Direktorin: Frau Prof. Dr. S. Fuchs-Winkelmann
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

in Zusammenarbeit mit dem
Sankt-Elisabeth-Hospital Gütersloh
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Direktor: PD Dr. med. U. Boudriot

**Die subtalare Arthrorise mit dem Kalix®-Implantat in der
Therapie des flexiblen juvenilen Pes planovalgus
Eine klinische und radiologische Nachuntersuchungs- und
Literaturvergleichsstudie**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Thomas Quandel
aus Aachen

Marburg 2013

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität
Marburg am 13.11.2013.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: PD Dr. U. Boudriot

Korreferent: Prof. Dr. M. Rominger

ZUSAMMENFASSUNG

In der orthopädischen Abteilung des Sankt-Elisabeth-Hospitals werden jährlich circa 30 Kinder mit Knick-Senk-Fuß (Pes planovalgus) operativ behandelt. Die Klinik kann damit auf ein großes Patientengut zurückgreifen und verfügt über eine herausragende Erfahrung bei der Behandlung des juvenilen Pes planovalgus. Seit Juli 2003 wurde zur Behandlung beim juvenilen Pes planovalgus eine minimal-invasive Operationstechnik, die sog. Arthrorise mit einem Kalix®-Schraubenimplantat (Firma Newdeal, Lyon, Frankreich) durchgeführt. In den folgenden fünf Jahren wurden insgesamt 105 Pes planovalgus bei 60 Patienten durch das Verfahren der Arthrorise mittels Kalix®-Implant operiert.

In der vorliegenden Arbeit werden die präoperativen klinischen und radiologischen Befunde, die Operationen, die stationären Behandlungsverläufe sowie die postoperativen klinischen und radiologischen Befunde, einschließlich der postoperativen Komplikationen und Beschwerden, ausgewertet und mit in der Literatur beschriebenen Ergebnissen sowie alternativen Operationstechniken verglichen. Die Auswertungen der Röntgenaufnahmen erfolgt über einen Vergleich bekannter und anerkannter Winkelmessungen an standardisierten Röntgenaufnahmen mit einem durch Prof. J. Hamel (Hamel et al., 2006) neu entwickelten Talo-Metatarsal-Index.

Ziel der Studie ist es, den Behandlungserfolg und eventuelle Komplikationen nach operativer Therapie mit dem Kalix®-Implant aufzuzeigen, sowie objektive klinische und radiologische Parameter einer konservativen bzw. operativen Therapie des kindlichen Pes planovalgus zu liefern.

SUMMARY

At the orthopaedic department of the St. Elizabeth's Hospital each year approximately 30 children with flat feet (pes planovalgus) are treated surgically. The clinic can thus draw on a large pool of patients and is highly experienced in the treatment of planovalgus feet. Since July 2003, a minimally invasive surgical technique, the so-called arthroereisis with a screw-type implant (Kalix® implant, Newdeal, Leone, France) is used to treat the juvenile pes planovalgus. In the following five years a total number of 105 pes planovalgus surgeries on 60 patients were performed using the arthroereisis procedure with the Kalix® implant.

In the present study, the preoperative clinical and radiological findings, the surgery, the course of inpatient treatments, and the postoperative clinical and radiological findings, including postoperative complications and complaints are evaluated and compared with published results obtained with the arthroereisis on children with flatfoot deformity. The findings of this study are also compared with clinical data obtained with alternative surgical techniques. The evaluation of the radiographs is performed by comparing known and accepted angle measurements on standard radiographs using the recently by Prof. J. Hamel (Hamel et al., 2006) developed talo-metatarsal index.

The overall aim of this study is to illustrate the therapeutic outcome and possible complications after surgical treatment of children's flat feet with the Kalix implant. In addition, the study will provide objective clinical and radiological parameters that can be useful in the assessment and diagnosis of a conservative or surgical treatment of the paediatric foot deformities.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG	1
1.1.1 Differentialdiagnose, Ätiologie und Epidemiologie	1
1.1.2. Diagnostik	3
1.1.3. Therapie	6
1.1.3.1 Konservative Therapie.	6
1.1.3.2 Operative Therapie des pediatriischen flexiblen Pes planovalgus	7
1.1.3.2.1 Mediale Weichteiloperationen	7
1.1.3.2.2 Arthrodesen	8
1.1.3.2.3 Osteotomien	9
1.1.3.2.4 Arthrorise	10
1.1.3.3 Die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat	11
1.2 Der nicht behandelte juvenile Pes planovalgus	14
1.3 Radiologische Parameter am kindlichen Fußskelett	15
1.3.1 Allgemeine Parameter	16
1.3.1.1 Der Talo-Metatarsal-I-Winkel	16
1.3.1.2 Der talocalcaneare Winkel	17
1.3.1.3 Der Costa-Bartani-Winkel	18
1.3.1.4 Der seitliche Talusneigungswinkel	19
1.3.1.5 Der seitliche Kalkaneusneigungswinkel (Kalkaneus-Boden-Winkel)	19
1.3.2 Der Talo-Metatarsal-Index (TMT-Index)	20
2. MATERIAL UND METHODEN	23
2.1. MATERIAL	23
2.1.1 Patientengut und Alter zum Operationszeitpunkt	23
2.1.2 Präklinische Phase	24
2.1.2.1 Indikation	25
2.1.2.2 Nebendiagnosen	25
2.1.3 Stationäre Phase	25

2.1.3.1 Anzahl der jährlichen Arthrorise-Operationen im Untersuchungszeitraum	25
2.1.3.2 Aufenthaltsdauer	26
2.1.3.3 Operationsdauer	26
2.1.3.4 Begleitende Operationen	26
2.1.3.5 Operateure	27
2.1.3.6 Kalix-Schraubengröße	27
2.1.4 Nachbeobachtungsphase	27
2.2. METHODEN	29
2.2.1 Diagnosestellung und Behandlungsverlauf	29
2.2.2 Patientenakten	31
2.2.3 Fragebogen	32
2.2.4 Klinische Untersuchung	34
2.2.5 Radiologische Untersuchung	36
3. ERGEBNISSE	37
3.1 Komplikationen	37
3.1.1 Schmerzen	37
3.1.2 Dislokation	39
3.1.3 Rezidiv	40
3.1.4 Vergleich Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt mit postoperativen Komplikationen	41
3.1.5 Vergleich Größe der Kalixschrauben mit postoperativen Komplikationen	42
3.2 Patientenzufriedenheit	44
3.3 Röntgenergebnisse	46
3.3.1 Präoperatives Röntgen und radiologische Winkelmaße	46
3.3.2 Vergleich von Patientenalter mit präoperativen Fußwinkelmaßen	47
3.3.3 Postoperatives Röntgen	48
3.3.4 Vergleich von prä- und postoperativen Fußwinkelmaßen	48
3.4 Achillessehnenverlängerung	49

3.4.1 Vergleich der radiologischen prä- und postoperativen Winkelmaße von Patientengruppen mit und ohne Achillessehnenverlängerung	49
3.4.2 Vergleich der radiologischen Winkelmaße nach Arthroriseoperation mit Achillessehnenverlängerung bei schwerem und leichten Knick-Senk-Fuß	51
4. DISKUSSION	53
4.1 Diagnostik und Behandlung des juvenilen Pes planovalgus	53
4.2 Operative Therapie des juvenilen Pes planvalgus	55
4.3 Minimal-invasive Operationsmethoden zur Behandlung des Pes planovalgus	56
4.3.1 Calcaneus-Stop-Schraube	56
4.3.2 Gianini-Arthrorise	57
4.3.3 Viladot-Implantat	58
4.3.4 MBA-Spacer	59
4.3.5 Kalix-Schrauben	60
4.4 Diskussion der Studienergebnisse	62
4.4.1 Dislokationen	62
4.4.2 Postoperative Schmerzen	64
4.4.3 Rezidive	65
4.4.4 Röntgen	65
4.4.5 Achillessehnenverlängerung	68
4.4.6 Schlussfolgerung	69
5. LITERATURVERZEICHNIS	71

1. EINLEITUNG

1.1 Der kindliche Knick-Senk-Fuß

1.1.1 Differentialdiagnose, Ätiologie und Epidemiologie

Der Knick-Senk-Fuß (Pes planovalgus) ist eine Fehlstellung des Fußes, die durch eine Eversion des Rückfußes und eine Abflachung der medialen Längswölbung gekennzeichnet ist. Ein abgeflachtes Fußlängsgewölbe ist durch den zunehmend medial belasteten Fußabdruck im mittleren Anteil des Fußes definiert (**Abb. 1.1.1.1**). Durch die vermehrte mediale Belastung kommt es zu einer Valgisierung der Ferse. Die Belastungszonen verschieben sich von den Metatarsalköpfchen I und V sowie der Ferse beim normalen Fußabdruck mit zunehmender Schwere des Plattfußes zum Metatarsalköpfchen I und dem über den Kalkaneus nach medial luxierenden Talus. In den ersten Lebensjahren ist eine fehlende mediale Aussparung der Belastungsfläche durch das physiologische Fettpolster (Spitzzy-Fettpolster) normal. Mit dem Erreichen des 5.-6. Lebensjahres sollten die Fußabdrücke der Kinder denen von gesunden Erwachsenen entsprechen (Volpon et al., 1994). Die Häufigkeit von juvenilen Knick-Senk-Füßen wird in der Literatur mit 12,5-16,7% aller Mädchen und mit 12,7-19,6% aller Jungen angegeben (Bernbeck et al., 1983). In der Altersentwicklung zeigt sich in Studien ein Rückgang der Häufigkeit des Knick-Senk-Fußes von 77,9% bei Kindern unter 5 Jahren auf 4% bei 10-jährigen Kindern (Gould et al., 1989; Bertani et al., 1999). Differentialdiagnosen und Ursachen für einen kindlichen Pes planovalgus sind vielfältig.

Der beim *physiologischen* Knick-Senk-Fuß durch eine vermehrte Antetorsion des Schenkelhalses hervorgerufene Einwärtsgang der Kinder führt zu einer vermehrten Valgusstellung der Ferse und einer Hyperpronation des Vorfußes. Der physiologische Plattfuß korreliert häufig mit Übergewicht, einer abnormen Valgusachse des Unterschenkels und einer allgemeinen Bandlaxizität (Lin et al., 2001).



Abb. 1.1.1.1: Plattfüsse eines männlichen Patienten, 14 Jahre (eigenes Patientengut).

Der *flexible* Pes planovalgus definiert sich neben der vermehrten Valgusstellung der Ferse und der Hyperabduktion des Vorfußes durch die Verkippung des Talus nach medial und plantar über den Kalkaneus und einer durch die Valgusfehlstellung der Ferse hervorgerufenen häufigen Verkürzung der Achillessehne mit einer konsekutiv eingeschränkten Dorsalflexion des oberen Sprunggelenkes in Neutralstellung der Ferse. Das Fußlängsgewölbe lässt sich im Zehenspitzenstand sowie durch eine Dorsalflexion der Großzehe aufrichten. Der flexible Knick-Senk-Fuß ist selten, in unseren Breitengraden wird eine Inzidenz von 1:1000 angenommen (Hefti et al., 1999). Ätiologisch wird in erster Linie eine Bandlaxizität angesehen, da die Längswölbung des Fußes hauptsächlich ligamentär gesichert wird. Erkrankungen mit Bindegewebsstörungen wie das Marfan-Syndrom (**Abb. 1.1.1.2**) und das Ehlers-Danlos-Syndrom sowie Chromosomenerkrankungen wie Trisomie 21 oder Rubinstein-Taybe-Syndrom zeigen eine Prädisposition für den flexiblen kindlichen Knick-Senkfuß (Wirth et al., 2002). Liegen neurogene Erkrankungen vor, wie eine ideopathischen Cerebralparese oder eine Spina bifida, so führt die Muskelpastik bzw. das Ausfallen von Muskelgruppen zu einer Störung der Abrollbewegung des Fußes, einer Subluxation des Talus zum Kalkaneus und einer Verkürzung der Wadenmuskulatur durch die Varisierung des Kalkaneus. Dies hat zunächst einen flexiblen und nach Auswachsen des Fußskeletts eine kontrakte Plattfußstellung zur Folge.



Abb. 1.1.1.2: Patient (13 Jahre) mit Marfan-Syndrom nach Arthrorise (eigenes Patientengut).

Dem *rigiden* Knick-Senkfuß liegt am häufigsten eine talokalkaneare oder eine kalkaneonavikulare Koalition zugrunde. Die Beweglichkeit des unteren Sprunggelenkes ist gestört und führt zu einer *rigiden* Valgusfehlstellung des Kalkaneus, was schließlich dazu führt, dass das mediale Fußgewölbe aufgehoben wird (Hefti et al., 1999). Der sehr seltene *kongenitale* Plattfuß zeichnet sich durch eine Luxation im talokalkaneonavikularen Gelenk aus. Das Os naviculare liegt dem nach medial des Kalkaneus luxierten und vertikal stehenden Talus auf. Die Fehlbildung ist häufig mit anderen neurologischen und chromosomalen Erkrankungen assoziiert und wurde 1914 erst nach Erfindung des Röntgenapparates von R. Henken erstmalig beschrieben (Hefti et al., 1999).

1.1.2. Diagnostik

Das Ziel der Diagnostik ist die Differenzierung zwischen physiologischen und pathologischen Knick-Senk-Füßen. Wichtigster Bestandteil der Diagnostik ist eine gute Anamnese und klinische Untersuchung. Bei Verdacht auf einen pathologischen Plattfuß kann die apparative Diagnostik wie Podoskopie und eine röntgenologische Untersuchung angeschlossen werden. Zur weiteren Differentialdiagnostik kann eine dynamische Pedobarographie, durch die die Druckverteilung beim Auftreten ermittelt wird, und die Magnetresonanztomographie (MRT) angewandt werden. In seltenen Fällen werden in der Diagnostik des Pes planovalgus Computertomografie (CT),

Szintigraphie, Sonographie, Doppleruntersuchungen, Elektromyographie (EMG) oder Muskelbiopsien durchgeführt.

Bei der Anamneseerhebung der Kinder mit ihren Eltern muss nach familiären Plattfußaufkommen und Fußproblemen sowie neurologischen Erkrankungen gefragt werden. Neben genetischen Erkrankungen muss die familiäre Anamnese auch die Frage nach Erkrankungen des Bindegewebes wie Ehlers-Danlos-Syndrom, Marfan-Syndrom und Osteogenesis imperfecta beinhalten. Wichtig sind zudem Fragen zur Geburt und zur bisherigen Entwicklung des Kindes mit Laufbeginn und Gangeigenheiten. Kinder mit ideopathischer Cerebralsklerose leiden sehr häufig an pathologischen Plattfüßen. Das Kind sollte nach Schmerzen, Instabilitäten im Sprunggelenk und Fuß und Ermüdungserscheinungen beim Laufen gefragt werden. Die Schuhversorgung muss überprüft werden. Fragen zu sportlichen Aktivitäten und eventuellen Einschränkung durch Schmerzen runden die Anamnese ab.

Die körperliche Untersuchung beinhaltet eine Kontrolle der Haltung und der Stellung von Wirbelsäule und Becken sowie der Beine und Füße zueinander. Neurologisch bedingte Muskelatrophien müssen ausgeschlossen werden. Eine vermehrte Antetorsion des Schenkelhalses mit Innenrotation der Oberschenkel und dem daraus folgenden Genu valgum führt zu einem physiologischen Knick-Senk-Fuß. Eine Untersuchung der Laxizität des Bindegewebes und einer Hypermobilität der Gelenke muss am gesamten Körper erfolgen. Die Fußsohlen müssen auf pathologische Verschielungen, Druckstellen und schmerzende Druckpunkte kontrolliert werden. Im Stand wird die Valgusstellung des oberen Sprunggelenkes gemessen. Bei verstärkter Valgusstellung der Ferse zeigt sich häufig eine Verkürzung der Achillessehne mit eingeschränkter Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk. Als funktioneller Test bietet sich der Hyperabduktionstest der Großzehe an (Funktionstest nach Jack). Beim passiven Anheben der Großzehe im Stand sollte sich beim flexiblen Plattfuß das Längsgewölbe aufrichten, die Ferse variieren und die Tibia nach lateral rotieren. Nach Rose werden 3 Stufen unterschieden: vollständiges Aufrichten des Längsgewölbes mit Rotation der Tibia, ledigliche Aufrichtung des Längsgewölbes ohne Tibiarotation und fehlende Korrektur der Fußfehlstellung (Rose et al., 1985). Ein

weiterer Test ist der Zehenstand. Dabei sollte sich beim physiologischen und flexiblen Pes planovalgus die Deformität ebenfalls korrigieren. Der Hackenstand kann eine Verkürzung der Achillessehne zeigen. Die Inspektion des Schuhwerkes zeigt beim Plattfußgang einen erhöhten Abrieb der medialen Schuhsohle und eine Ausweitung des Schuhs und der Einlage medialseitig.

Die plantaren Belastungszonen und somit die Ausprägung des Fußgewölbes können mit dem Podoskop oder einem Fußabdruck auf Kohlepapier objektiviert werden. Eine Einteilung der Fußabdruckformen beim Knick-Senk-Fuß kann nach Tachdjian erfolgen (Tachdjian et al., 1985) (**Abb. 1.1.2.1**). Rose erhebt einen Valgusindex, der die Verlagerung des Mittelpunktes der Malleolarachse über dem Kalkaneus beschreibt, als validen Parameter für eine Einteilung der pedobarographischen Darstellung des Knick-Senk-Fußes (Rose et al., 1985).

Beim physiologischen Plattfuß im Kleinkindesalter ist eine radiologische Diagnostik nicht erforderlich. Bei Verdacht auf morphologische Deformitäten am Fußskelett und zur präoperativen Diagnostik sollten standardisierte Röntgenaufnahmen der Füße in zwei Ebenen erfolgen. Die Röntgendiagnostik beim Knick-Senk-Fuß wird in einem gesonderten Kapitel behandelt.

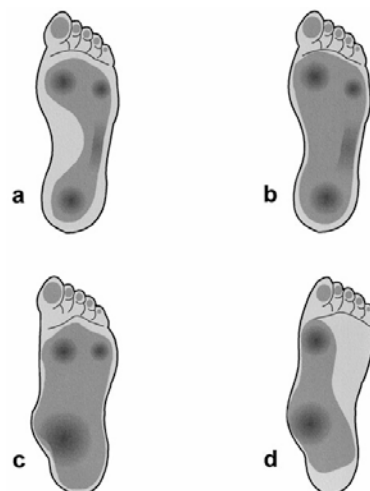


Abb. 1.1.2.1: Podoskopische Untersuchung (Einteilung nach Tachdjian).
(a) Normaler Fuß (normal); (b) Flexibler Plattfuß mit fehlender medialer Aussparung aber normalem Belastungsmuster (mild bis moderat); (c) Belastung hauptsächlich medial unter dem Talus (schwer); (d) Fehlende Belastung lateral.

1.1.3. Therapie

1.1.3.1 Konservative Therapie

Anlass zur Behandlung von Knick-Senk-Füßen muss die Vermeidung von Spätfolgen nach Auswachsen des knöchernen Fußskeletts im Erwachsenenalter sein. Die Therapie des physiologischen Knick-Senk-Fußes besteht in häufigem Barfußlaufen und spielerischer Fußgymnastik. Eine Einlagenversorgung kann sich für die Entwicklung eines physiologischen Fußgewölbes negativ auswirken (Jani et al., 1986). Rao et al. haben nachgewiesen, dass schon nur das Tragen von Schuhen einen negativen Einfluss auf die Entwicklung des Fußgewölbes hat (Rao et al., 1992). Da beim physiologischen Plattfuß häufig ein Übergewicht der Patienten besteht, sollte in diesen Fällen eine Diätberatung der Kinder und ihrer Eltern durchgeführt werden. Außerdem sollte darüber aufgeklärt werden, dass sich mit physiologischer Verringerung der Antetorsion des Schenkelhalses beim Heranwachsenden der Einwärtsgang zurückbildet und sich das mediale Fußgewölbe aufrichten wird (Hefti et al., 1999).

Der wesentliche Faktor beim flexiblen Plattfuß ist die Bandlaxität. Dies führt zu einer Verkipfung des Talus über den Kalkaneus und einer daraus folgenden Mehrbelastung der Medialseite des Fußes. Leichte Formen des flexiblen Knick-Senk-Fußes führen nicht zu Schmerzen und degenerativen Veränderung an den Füßen im Erwachsenenalter (Zollinger et al., 1994). Diese Patienten können wie beim physiologischen Plattfuß mittels Fußgymnastik zur Stärkung der Bandstrukturen und Barfußlaufen, gegebenenfalls kombiniert mit einer Diätberatung, behandelt werden. Nur bei schweren Formen und beim schmerzhaften flexiblen Plattfuß ist eine weitergehende Behandlung notwendig. Ist im Säuglingsalter der flexible Plattfuß mit einer Abduktion des Vorfußes verbunden, kann die Fußstellung ab dem zweiten Lebensmonat mit redressierenden Oberschenkelgipsverbänden behandelt werden. Dies ist für zwei bis drei Monate notwendig (Hefti et al., 1999). Bei ausgeprägten Knick-Senk-Füßen mit der Hauptbelastungszone über die mediale Fußsohle ab dem Grundschulalter ist eine Einlagenversorgung mit medialer Unterstützung des Fußgewölbes und einer Varisierung der Ferse sinnvoll (Bleck et al., 1977). Bei

einer Verkürzung des Musculus triceps surae sollten Dehnungsübungen der Wadenmuskulatur unter Varisierung der Ferse durchgeführt werden.

Liegen den flexiblen Plattfüßen neurogene Erkrankungen zugrunde, so richtet sich die konservative Behandlung an der Muskelspastizität. Bei geringem Muskelspasmus können bei gehfähigen Patienten ebenfalls Einlagenversorgung und Wadendehnungsübungen angewendet werden. Die Behandlung besteht in einer Verhinderung der Muskelverkürzungen und Fehlwachstum des Fußskeletts. Bei erhöhter Spastizität muss der Fuß in anatomischen Orthesen retiniert werden (Hefti et al., 1999).

1.1.3.2 Operative Therapie des pediatriischen flexiblen Pes planovalgus

Nur in wenigen Fällen ist eine operative Therapie zur Behandlung des flexiblen Plattfußes erforderlich. Eine Indikation besteht bei anhaltenden Schmerzen über einen längeren Zeitraum trotz konservativer Therapie. Ziel der operativen Behandlung ist eine Wiederherstellung des natürlichen Fußgewölbes. Dadurch werden die plantaren Belastungszonen neu ausgerichtet.

Im 20. Jahrhundert wurden verschiedene Operationstechniken zur Behandlung des Knick-Senk-Fußes entwickelt. Die Behandlungsmöglichkeiten lassen sich in mediale Weichteiloperationen, Arthrodesen, Osteotomien und Arthrorise differenzieren und werden den Ursachen der Plattfüße entsprechend gegebenenfalls auch kombiniert angewandt.

1.1.3.2.1 Mediale Weichteiloperationen

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden verschiedene Transplantationen von Sehnen oder Ligamenten am medialen Fußrand entwickelt. Ryerson et al. beschrieben 1909 eine Dorsalversetzung der Peronealsehnen auf das mediale Os cuneiforme (Ryerson et al., 1909). Legg et al. und Young et al. versetzten den Ansatz der Tibialis anterior-Sehne auf das Os naviculare zur Verstärkung des medialen Fußgewölbes (Legg et al., 1912; Young et al., 1939). Bei der Navikularumschlingung nach Lowman et al., 1923 wird das Os naviculare durch eine nach dorsal versetzte Tibialis anterior-Sehne umschlungen und dadurch

die Zugwirkung auf das mediale Fußgewölbe verstärkt (Lowman et al., 1923). Die alleinige Anwendung der medialen Weichteiloperationen zur Behandlung des kindlichen Knick-Senk-Fußes weist eine hohe Rezidivrate auf und die Weichteileingriffe werden heute nur noch in Kombination mit anderen Operationstechniken angewendet. So entwickelten Kissel et al. eine Tibialis anterior-Sehnenversetzung auf den Talus in Kombination mit einer varisierenden Keilosteotomie des Kalkaneus und einer Achillessehnenverlängerung. Die Sehne soll als starkes Band die Talusdislokation nach plantar einschränken (Kissel et al., 1999).

1.1.3.2.2 Arthrodesen

Zur operativen Behandlung von paralytischen Plattfüßen beschrieben Grice und Kollegen eine extraartikuläre Arthrodesese des unteren Sprunggelenkes (Grice et al., 1952). Außerhalb des unteren Sprunggelenkes wird in den Sinus tarsi ein autologer Knochenspan aus der Tibia zur Arthrodesese des subtalaren Gelenkes eingesetzt und so eine Verkipfung des Talus zum Kalkaneus verhindert (**Abb. 1.1.3.2.2.1**).



Abb. 1.1.3.2.2.1: Arthrodesese mit autologem Knochenspan im Sinus tarsi nach Grice (Grice et al., 1952).

Giannestras et al. kombinierten die Grice-Arthrodesese mit einer medialen Weichteiloperation inklusive einer Versetzung der Tibialis anterior-Sehne zur Behandlung des flexiblen Pes planovalgus (Giannestras et al., 1976). In

Langzeitstudien wurden hohe Komplikationsraten zwischen 46% und 85% nach der Grice-Arthrodesen nachgewiesen (Ross et al., 1980; McCall et al., 1985). Weitere Studien zeigten einen Zusammenhang zwischen im Kindesalter durchgeführten Rückfußarthrodesen und frühen degenerativen Veränderungen, so dass die Fusionen nur noch bei spezifischen neuromuskulären Erkrankungen empfohlen werden (Adelaar et al., 1976; Angus et al., 1986).

1.1.3.2.3 Osteotomien

Die bekannteste Osteotomie beim kindlichen Plattfuß ist die anteriore Kalkaneusverlängerungsosteotomie nach Evans (Evans et al., 1975). Ein homologer Knochenspan wird von lateral in eine auf Höhe des Sinus tarsi durchgeführte Kalkaneusosteotomie eingesetzt. Der Knochenspan ist medial etwas schmaler als lateral. Das Fersenbein wird dadurch verlängert und varisiert und verhindert so eine Abkipfung des Talus. Durch die Kalkaneusosteotomie wird die laterale Fußsäule verlängert und vermindert so neben dem Rückfußvalgus auch die Vorfußabduktion und die Mittelfußpronation (**Abb. 1.1.3.2.3.1**).



Abb. 1.1.3.2.3.1: Kalkaneusverlängerungsosteotomie mit autologem Knochenspan (Pfeil) nach Evans.

Bei der posterioren Rückfußosteotomien nach Dwyer handelt es sich um eine varisierende Kalkaneusosteotomie, bei der die Varisierung des Kalkaneus durch eine lateral aufklappende oder medial, subtrahierende und zuklappende Osteotomie erreicht wird (Dwyer et al., 1961). Bei der dorsal varisierenden

Ostotomie des Kalkaneus nach Koutsogiannis wird über eine bogenförmige Osteotomie des dorsalen Kalkaneus das dorsale Fragment nach medial und plantar verschoben (Koutsogiannis et al., 1971). Die Osteotomie wird mit Hilfe eines Steinmann-Nagels fixiert und bedarf einer längeren Immobilisation. Isoliert angewendet führen die genannten Osteotomien zu einer Verbesserung des Rückfußvalgus, jedoch verhindern Sie nicht eine Verkipfung des Talus über den Kalkaneus nach medial. Die Mittelfußpronation und Vorfußabduktion wird nicht beeinflusst. Eine Verlängerung der lateralen Fußsäule kann durch eine Kalkaneus-Kuboid-Verlängerungsosteotomie (Andreacchio et al., 2000) und die Kalkaneus-Kuboid-Osteotomie im Kalkaneokuboidalgelenk (Rathjen et al., 1998) bewirkt werden. Diese Verlängerungsosteotomien werden gegebenenfalls mit einer kuneiformen Subtraktionsosteotomie kombiniert. Eine subcapitale Talusadduktionsosteotomie in Höhe des Talushalses (Grumhine et al., 1987) stellt das korrekte Verhältnis zwischen Taluskopf und Talushals wieder her. Die mediale Säule wird dadurch verkürzt und kann mit einer Kalkaneusverlängerungsosteotomie kombiniert werden.

1.1.3.2.4 Arthrorise

Die Arthrorise (gr. ereisai; stützen, fest anlehnen) ist definiert als Einschränkung der Beweglichkeit eines abnormal beweglichen Gelenkes. Durch eine Verblockung des subtalaren Gelenkes durch ein Implantat im Sinus tarsi oder durch eine Kalkaneus-Stop-Schraube wird eine Eversion des Kalkaneus und die Verkipfung des Talus über den Kalkaneus nach medial verhindert. Zunächst wurde die Arthrorise des Subtalargelenkes durch autologe, nicht fixierte Knochenspäne durchgeführt (Haraldson et al., 1965; LeLievre et al., 1970). Haraldson kombinierte die Arthrorise mit einer Versetzung der Tibialis anterior-Sehne auf das Os naviculare und LeLievre führte bei Persistenz der Mittelfußpronation trotz Arthrorise noch eine mediale Weichteiloperation und Metatarsalarthrodese durch. Subotnik et al. blockierten 1973 die subtalare Beweglichkeit durch Implantation eines Silikon-Blocks (Subotnik et al., 1973).

Zur Verhinderung von Dislokationen der Implantate im Sinus tarsi wurden verschiedene Operationstechniken und Implantate zur Verblockung des

Subtalargelenkes entwickelt. Die Schrauben-Arthrorise, bei der eine Spongiosaschraube in den Kalkaneus oder Talus in Höhe des Sinus tarsi eingebracht wird, wurde im Jahre 1970 erstmalig von R. Alvarez beschrieben und neun Jahre später von Buruturan veröffentlicht (Buruturan et al., 1979). Pisani entwickelte eine Schraube mit Silikonhaube, die im Kalkaneus eingedreht wird und die abnormale Talusbeweglichkeit blockiert (Pisani et al., 1977). Smith et al. entwickelten das subtalare Arthrorise-Implantat (STA-Peg-Implantat), eine Polyethylen-Endorthese, die im Sinus tarsi in den vorpräparierten Kalkaneus mit Hilfe von Methylmethacrylate zementiert wird (Smith et al., 1983). Eine Polyethylen-Schraube wurde von Valenti et al. in den Sinus tarsi implantiert (Valenti et al., 1976). Auf den Grundlagen des Valenti-Implantats entwickelten Maxwell und Brancheau 1995 das Maxwell-Brancheau-Arthrorise-Implantat (MBA-Implantat) aus Titan (Maxwell et al., 1999). Bei diesem Implantat soll das schraubenförmige Design einer Luxation entgegenwirken. Das Einsetzen eines expandierenden Implantates in den Sinus tarsi erfolgte erstmalig durch Giannini im Jahre 1985 (Giannini et al., 1985). Zunächst bestand das Implantat aus Teflon, wurde jedoch später durch ein bioresorbierbares Material ersetzt, um die notwendige Materialentfernung zu vermeiden. Viladot et al. präsentierten 1992 die Langzeit-Ergebnisse einer 1975 entwickelten, weinglasförmigen Endorthese, die der Form des Sinus tarsi entsprechen sollte und über einen lateralen und medialen Zugang implantiert wurde (Viladot et al., 1992).

1.1.3.3 Die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat

Die Firma Newdeal aus dem französischen Lyon entwickelte 2003 in Zusammenarbeit mit der European Foot Platform Group die Kalix-Endorthese zur Behandlung von juvenilen und adulten Plattfußdeformitäten (**Abb. 1.1.3.3.1**).



Abb.1.1.3.3.1: Das Kalix-II-Implantat (aus: Operationsanleitung der Firma Newdeal, Lyon, Frankreich).

Die Implantation kann sowohl als isolierte Operationsmethode als auch in Kombination mit anderen Operationsschritten wie medialen Weichteiloperationen, Achillessehnenverlängerungen, Resektionen von Koalitie und Arthrodesen der medialen Fußsäule angewandt werden. Laut Herstellerangaben ist das Kalix-Implantat für folgende Indikationen zugelassen: operative Plattfußbehandlung bei Kindern und Erwachsenen nach frustraner konservativer Therapie, schmerzhafter Plattfuß, kongenitaler Plattfuß, tarsale Koalitie, Tibialis posterior-Syndrom, paralytischer Plattfuß und subtalarer Instabilität. Kontraindikationen stellen rigide Plattfußdeformitäten, Plattfüße mit einer Vorfuß-Abductus-Komponente, eine chronische Ruptur der Tibialis posterior-Sehne, Arthritis, lokale Infektionen, Knochentumore und Metallallergien dar. Das Kalix-Implantat soll nach Herstellerangaben bei pediatriischen Behandlungsfällen nach Ende der Knochenwachstumszeit und bei Erwachsenen nach 15 bis 18 Monaten explantiert werden.

Das Kalix-Implantat besteht aus zwei ineinander verschiebbaren Titanelementen und einer Polyethylenummantelung. Wenn die Titanelemente mit Hilfe des Expanders zusammen geschoben werden, expandiert die gekerbte Polyethylenummantelung und verkeilt sich im Sinus tarsi. Das Implantat liegt in acht verschiedenen Größen, in den Durchmessern 9mm, 10mm, 11mm, 12mm, 13mm, 14mm, 15mm und 17mm vor.

Zu Beginn der Operation sollte die Achillessehnenlänge kontrolliert werden. Beträgt in Knieextension und Stellung des Rückfußes in Neutralposition die Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk weniger als 10°, empfiehlt sich die percutane Achillessehnenverlängerung zur leichteren Korrektur des Kalkaneusvalgus und Implantation der Endorthese. Für die

Achillessehnenverlängerung werden am lateralen Rand der Achillessehne zwei Inzisionen und am medialen Rand eine Inzision durchgeführt. Zur Implantation des Kalix-Implantates wird anterior und plantar des Malleolus lateralis ein 2 cm langer Hautschnitt angelegt.

Bei der tieferen Präparation zum Sinus tarsi müssen die Peronealsehnen und der Nervus cutaneus dorsalis lateralis geschont werden. Im Sinus tarsi, aus dem das Fettgewebe entfernt wird, müssen die Ligamente talocalcaneus anterius und interosseum sicher geschont werden. Ein Hebel, der sogenannte Viladot-Hebel, wird in den kollabierten Sinus tarsi eingeführt. Durch eine plantare Verschiebung des Hebelgriffes wird der Rückfuß in Varusstellung reponiert (**Abb.1.1.3.3.2 A**).

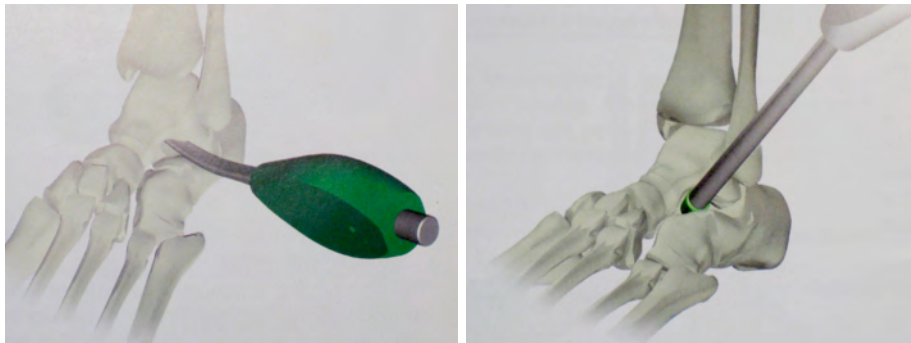


Abb.1.1.3.3.2: (A) Reposition des Talus mit dem Viladot-Hebel. (B) Ausmessen des Sinus Tarsi mittels Probe-Implantat (aus: Operationsanleitung der Firma Newdeal, Lyon, Frankreich).

Gleichzeitig zwingt der Assistent den Vorfuß in Pronationsstellung. Nun wird die Schraubengröße mit den Probeimplantaten ausgemessen (**Abb.1.1.3.3.2 B**). Die Probeimplantate dürfen nicht aus dem Sinus tarsi herausstehen, da es bei einem zu großen Schraubenimplantat zu einer Luxation kommen kann. Wenn die richtige Implantatgröße ermittelt ist, wird die Kalix-II-Schraube mit dem Impaktor im Sinus tarsi expandiert (**Abb. 1.1.3.3.3 A**). Nach schichtweisem Wundverschluss und Auflage eines sterilen Wundverbandes wird eine Unterschenkelgipsschiene angelegt.

In der Operationsanleitung des Herstellers wird eine Nachbehandlung im Gipsverband für 3-4 Wochen empfohlen. Der Fuß kann im Gehgips nach Entfernung des Nahtmaterials am 10. postoperativen Tag voll belastet werden. Nachfolgend sollten Einlagen für einen Zeitraum von 6-12 Monaten getragen

werden. Im Sankt-Elisabeth-Hospital wird die Retentionsbehandlung bei isolierter Arthrorise mit dem Kalix-Implantat für drei Wochen und bei Arthrorise mit Achillessehnenverlängerung für sechs Wochen durchgeführt. Im Castverband können die Kinder voll belasten. Nach Entfernung des zirkulären Castverbandes sollen die Patienten erst nach Anpassung von langsohligen Einlagen mit Polstererhöhung im medialen Mittelfußbereich im Konfektionsschuhwerk voll belasten.

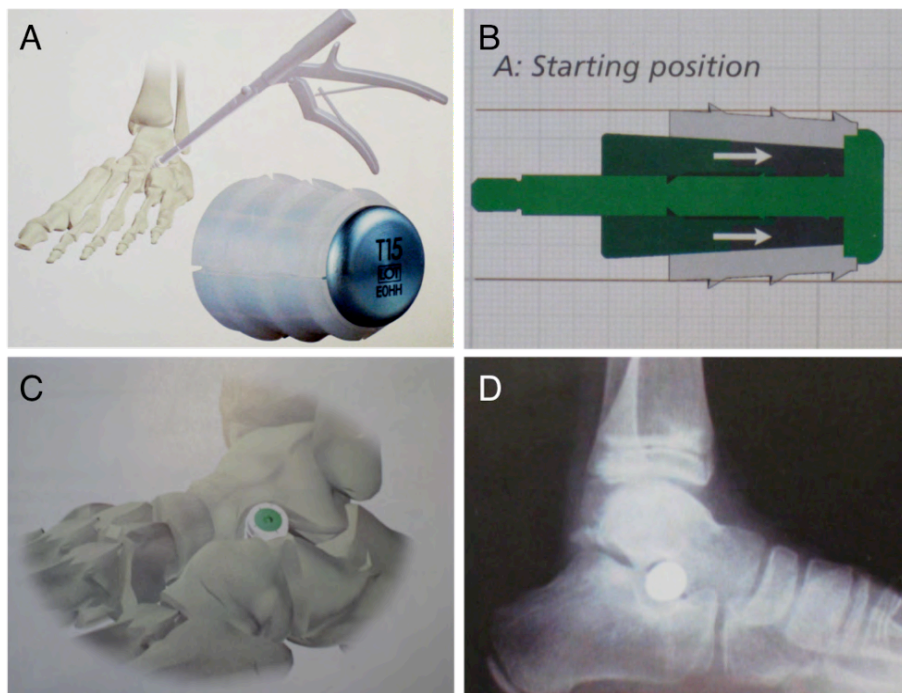


Abb. 1.1.3.3.3: (A) Das Kalix-II-Implantat wird mit dem Impaktor in den Sinus tarsi eingebracht. (B) Expansionstechnik der Kalix-Schraube. (C) Korrekte Lage der Kalix-Schraube im Sinus tarsi. (D) Röntgenkontrolle der korrekten Kalix-Schraubenlage (aus: Operationsanleitung der Firma Newdeal, Lyon, Frankreich).

1.2 Der nicht behandelte juvenile Pes planovalgus

Die Langzeitfolgen von Plattfüßen sind nicht wissenschaftlich untersucht. Die Unterscheidung zwischen physiologischen und pathologischen Knick-Senk-Füßen ist laut Staheli et al. zur Verhinderung einer falschen Behandlung eminent wichtig (Staheli et al., 1999). Der physiologische Pes planovalgus ist ein flexibler, nicht schmerzhafter Fuß, der sich im Allgemeinen nach dem Wachstumsalter zurückbildet, jedoch auch im Erwachsenenalter als nicht symptomatischer Plattfuß bestehen bleiben kann. Eine Behandlung ist nicht

notwendig und im Fall von orthopädischer Schuh- oder Einlagenversorgung eventuell kontraproduktiv (Wenger et al., 1989). Der pathologische Knick-Senk-Fuß ist definiert als schmerzhaft, einsteifend und zu Beschwerden und Komplikationen führend. Der unbehandelte pathologische Plattfuß entwickelt Langzeitfolgen, wie das Tibialis posterior-Syndrom und Arthrose des subtalaren und der metatarsalen Gelenke. Hallux valgus, plantare Keratose, Metatarsalgie, Hammer-Zeh-Syndrom, Neurome, Plantarfasziitis und Fersensporn-Syndrom können ebenfalls durch pathologische Plattfüße bedingt sein (Addante et al., 1992; Cohen-Sobel et al., 1995; Lepow et al., 1989; Smith et al., 1983). Zur Verhinderung dieser Spätfolgen wird zunächst eine konservative Behandlung empfohlen. Schmerzhaftes, flexible Knick-Senk-Füße sollten zunächst beobachtet werden, da die Schmerzen wachstumsbedingt bestehen können und häufig regredient sind. Bei Nichtansprechen der konservativen Therapie sollte die operative Therapie im Alter von 8-14 Jahren, jedoch spätestens 2 bis 3 Jahre vor dem Auswachsen der Knochen und Gelenke erfolgen (Addante et al., 1992; Smith et al., 1983). Dieser Zeitraum liegt nach der Entwicklung des Fußgewölbes aber vor Verschluss der knöchernen Wachstumsfugen. So lässt sich die Fußstellung noch korrigieren (Anderson et al., 1984; Giannestras et al., 1976).

1.3 Radiologische Parameter am kindlichen Fußskelett

Der physiologische Knick-Senk-Fuß, der sich im Zehenspitzenstand aufhebt, bedarf keiner radiologischen Diagnostik. Erst bei Verdacht auf morphologische Veränderungen und zur präoperativen Vorbereitung sollte eine radiologische Diagnostik erfolgen. Um aussagekräftige Aufnahmen zu erreichen, müssen die Füße standardisiert im Beidfüßerstand unter Belastung geröntgt werden. Es sind verschiedene radiologische Winkel zur Quantifizierung von Fußdeformitäten beschrieben. Während der Wachstumsphase ändern sich die Winkelmaße, altersentsprechende Normmaße wurden jedoch nur für die wenigsten Winkelmaße ermittelt. Ebenso liegen keine statistisch reproduzierbaren Winkelnormmaße zur Hilfe der Diagnosestellung beim kindlichen Knick-Senk-Fuß vor. In der vorliegenden Arbeit wurden der talo-

calcaneare Winkel im seitlichen Strahlengang zur Beurteilung des Rückfußes sowie der Talo-Metatarsal-I-Winkel im seitlichen Strahlengang und der Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel im anterioposterioren Strahlengang zur Beurteilung der Stellung des Rück- zum Vorfußes bestimmt.

1.3.1 Allgemeine Parameter

1.3.1.1 Der Talo-Metatarsal-I-Winkel

Der Talo-Metatarsal-I-Winkel ist ein weltweit gebräuchlicher Winkel zur Beschreibung von Fußdeformitäten, insbesondere des Plattfußes. Der Winkel liegt zwischen der Taluslängsachse und der Achse des Metatarsale-I im anterioposterioren (a.p.) und im seitlichen Strahlengang. Im seitlichen Strahlengang verläuft zwischen Talus, Os naviculare und Metatarsale-I normalerweise eine gerade Linie. Beim Abkippen des Talus nach plantar ergibt sich ein Winkel mit einer nach plantar zeigenden Spitze (**Abb. 1.3.1.1.1**). Im englischsprachigen Raum ist dieser Winkel als Meary's angle bekannt. Im a.p. Strahlengang kann es durch eine Fehlstellung des Metatarsal-I-Knochens, wie z.B. beim Hallux valgus zu unterschiedlichen Messergebnissen bei der Diagnostik des Pes planovalgus kommen. Younger et al. konnten in einer Studie die Signifikanz des seitlichen Talo-Metatarsal-I-Winkels in der Diagnostik des adulten Plattfußes nachweisen. Die Autoren fanden in einem Untersuchungskollektiv von Erwachsenen mit Plattfüßen einen Mittelwert von $21,1^\circ$ und in einem Kollektiv mit gesunden Füßen einen Mittelwert von $7,1^\circ$ (Younger et al., 2005). Vanderwilde et al. ermittelten Normwerte für den Talo-Metatarsal-I-Winkel bei Geburt von durchschnittlich 18° , der sich bis zum 9. Lebensjahr auf Durchschnittswerte um 7° reduziert (Vanderwilde et al., 1988). Chen et al. untersuchten den TMT-I-Winkel bei 32 taiwanesischen Kindern im Alter zwischen 7 und 13 Jahren mit Knick-Senk-Fuß. In seinem Untersuchungskollektiv zeigte sich ein Mittelwert für den TMT-I-Winkel von $13,87^\circ$ (Chen et al., 2006).

1.3.1.2 Der talocalcaneare Winkel

Der talocalcaneare Winkel kann im seitlichen und a.p. Strahlengang zwischen Taluslängsachse und der Kalkaneuslängsachse dargestellt werden. Im a.p. Strahlengang ist dieser Rückfußwinkel aufgrund der Überlagerung der Knochen und der schlechten Messbarkeit nur eingeschränkt aussagekräftig (**Abb.1.3.1.2.1**). In einer Untersuchung durch Chen et al. wurde bei Plattfüßen von 32 Kindern ein Mittelwert von $41,7^\circ$ für den talocalcanearen Winkel im seitlichen Strahlengang ermittelt (Chen et al., 2006). Younger et al. fanden in einer Untersuchung bei Erwachsenen keinen Unterschied des talocalcanearen Winkels bei Plattfüßen (Mittelwert $35,6^\circ$) und einer Kontrollgruppe mit gesunden Füßen (Mittelwert $34,1^\circ$) (Younger et al., 2005).

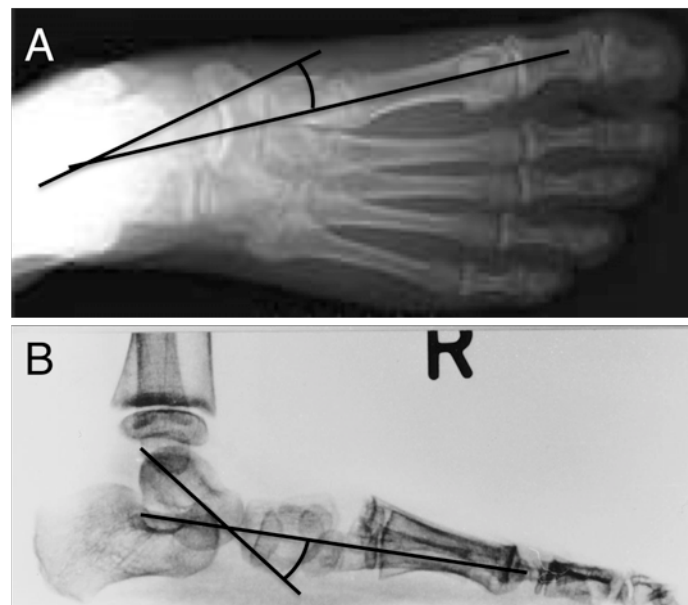


Abb. 1.3.1.1.1: Talo-Metatarsal-Winkel in anterioposteriorer (A) und seitlicher (B) Ansicht.

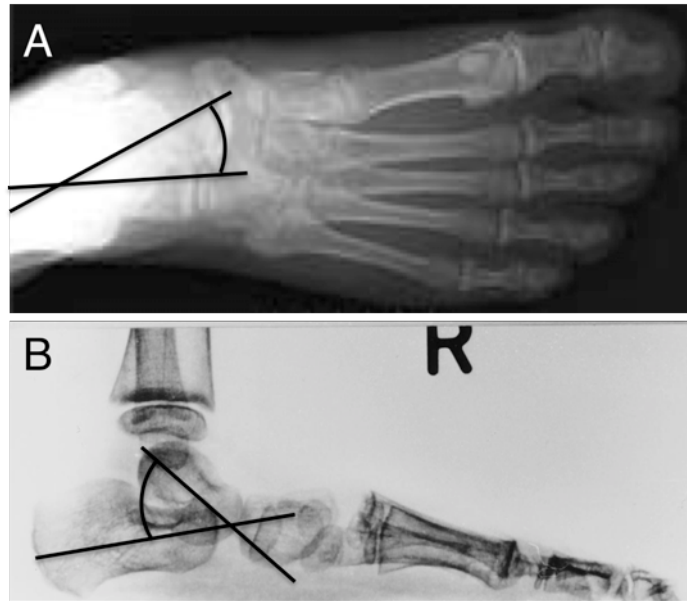


Abb. 1.3.1.2.1: Talocalcaneärer Winkel in anterioposteriorer (A) und seitlicher (B) Ansicht.

1.3.1.3 Der Costa-Bartani-Winkel

Der Winkel nach Costa-Bartani wird im südeuropäischen Raum häufig zur Diagnostik des Pes planovalgus benutzt. Er wird von zwei Geraden eingeschlossen, die durch den tiefsten Punkt des Talus laufen. Die eine verläuft durch den Auflagepunkt des medialen Sesambeines des Metatarsale I, die andere durch den Auflagepunkt des Kalkaneus (**Abb. 1.3.1.3.1**). Dieser Winkel wird von Voutey et al. in einem Bereich von 102-105° angegeben (Voutey, 1978). Unter 100° handelt es sich um einen Hohlfuß, über 120° um einen Plattfuß.



Abb. 1.3.1.3.1: Der Costa-Bartani-Winkel.

1.3.1.4 Der seitliche Talusneigungswinkel

Der Talusneigungswinkel definiert sich aus der Taluslängsachse im seitlichen Strahlengang und der Horizontalen am belasteten Fuß (**Abb. 1.3.1.4.1**). Normalwerte des Talusneigungswinkels werden mit circa 20° beschrieben. Bei Kindern mit Pes planovalgus wurde dagegen ein Mittelwert des Talusneigungswinkels von $31,79^\circ \pm 5,5^\circ$ gefunden (Chen et al., 2006).



Abb. 1.3.1.4.1: Der seitliche Talusneigungswinkel

1.3.1.5 Der seitliche Kalkaneusneigungswinkel (Kalkaneus-Boden-Winkel)

Der Kalkaneuswinkel wird zur Horizontalen und einer Geraden, die durch den Auflagepunkt und den anterior tiefsten Punkt des Kalkaneus läuft, definiert (**Abb.1.3.1.5.1**). Dieser Winkel liegt beim Erwachsenen bei circa 21° . In der oben genannten Untersuchung von Chen et al. fand sich bei Kindern mit Plattfußdeformität ein Mittelwert des Kalkaneusneigungswinkels von $9,78^\circ$ (Chen et al., 2006).

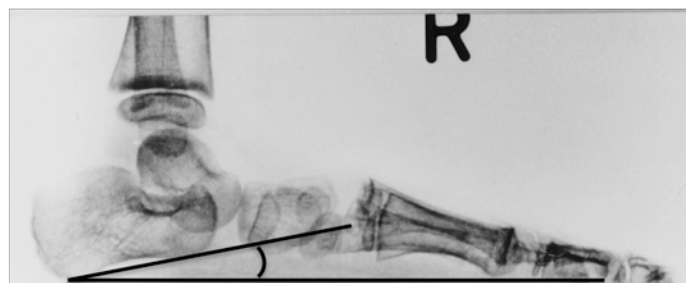


Abb. 1.3.1.5.1: Der seitliche Kalkaneusneigungswinkel.

1.3.2 Der Talo-Metatarsal-Index (TMT-Index)

Prof. Dr . med. J. Hamel, Direktor des Zentrum für Orthopädische Fußchirurgie in München veröffentlichte 2006 die Entwicklung des TMT-Index zur radiologischen Quantifizierung von Planovalgus-Deformitäten (Hamel et al., 2006). Der Talo-Metatarsal-Index soll sich einfach bestimmen lassen und kann das Ausmaß der skelettären Fehlstellung von Planovalgus-Deformitäten in einer einzigen Maßzahl beschreiben. Nach Aussage von Professor Hamel ist die Röntgen-Technik das einzig bildgebende Verfahren, das das Fußskelett unter Gewichtsbelastung mehrdimensional darzustellen vermag und damit prädestiniert für einen reproduzierbaren und praktikablen Index. Es werden Röntgenwinkel aus der a.p. und der seitlichen Betrachtungsebene verwandt, weil einige Planovalgusdeformitäten aufgrund einer flachen Bewegungsachse des unteren Sprunggelenkes in der seitlichen radiologischen Betrachtungsebene imponieren, während andere Knick-Senk-Füße sich eher in der a.p. Ebene darstellen lassen. Es werden standardisierte Röntgenaufnahmen im gleichmäßig belasteten Beidbeinstand in zwei Ebenen aufgenommen. Im seitlichen Strahlengang wird der Talo-Metatarsal-I-Winkel (TMT-I-Winkel), ein Winkel zwischen der Achse des Talus und der Achse des Metatarsale-I, bestimmt. Ein nach fußbodenseitig offener Winkel erhält eine negative Gradzahl. In der a.p. Betrachtungsebene soll nur die Abweichung des Os naviculare zum Taluskopf erfasst werden. Da eine Achse im Os naviculare nur sehr unpräzise festgelegt werden kann, hat Professor Hamel hilfsweise einen Winkel entwickelt, der die Taluslängsachse mit einer Linie vom geometrischen Taluskopfmittelpunkt zur Mitte des Tarsometatarsale-I-Gelenkes bildet. Dieser Winkel wird als Talus-Metatarsalbasis-I-Winkel (TMTB-I-Winkel) bezeichnet. Ein nach lateral offener TMTB-I-Winkel wird mit einer negativen Gradzahl beschrieben (**Abb. 1.3.2.1**).

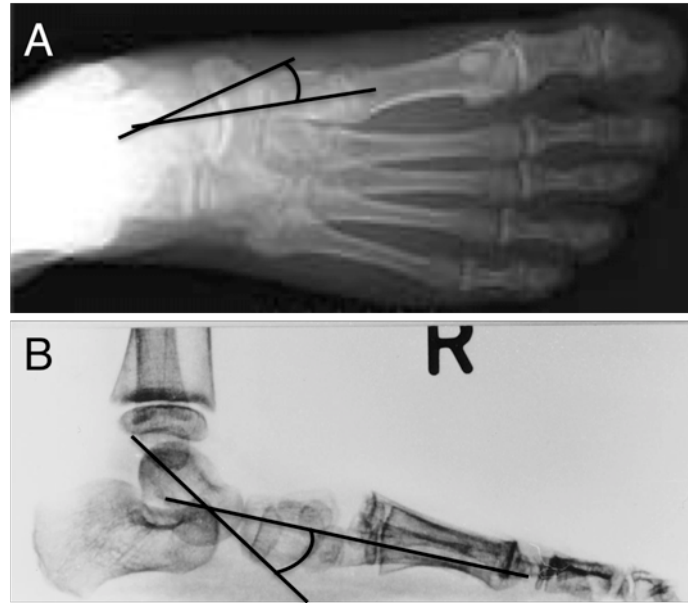


Abb. 1.3.2.1: Anterioposteriorer Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel (A) und seitlicher Talo-Metatarsal-I-Winkel (B).

Der TMT-I-Winkel und der TMTB-I-Winkel werden zum Talo-Metatarsal-Index addiert. Herr Professor Hamel hat in der Erstveröffentlichung 2006 den TMT-Index kleiner Kollektive mit jeweils 15 Fällen erhoben (**Tab. 1.3.2.1**). In einem Kollektiv von Patienten im Alter zwischen 7 und 11 Jahren mit nicht-neurogenen Planovalgusdeformitäten zeigte sich ein durchschnittlicher TMT-Index von $-51,47^\circ$. In einem anderen Kollektiv von Kindern zwischen 10 und 14 Jahren mit nicht-neurogenen Planovalgusdeformitäten vor Durchführung einer Calcaneusverlängerung zeigte sich ein durchschnittlicher TMT-Index von $-50,73^\circ$. Außerdem wurden die Winkel eines Normalkollektiv von 15 adulten Hallux rigidus-Patienten ermittelt. Hier zeigten sich relativ gleich hohe Werte für den TMT-I-Winkel ($-9,73^\circ$) und TMTB-I-Winkel ($-10,53^\circ$) mit dem entsprechenden TMT-Index von $-20,26^\circ$. Laut Professor Hamel erscheint die Bildung eines Index zur Quantifizierung des Ausmaßes von Planovalgusdeformitäten sinnvoll, wenn beide indexbildenden Winkelgrößen ähnliche Normalwerte und Normwert-Schwankungsbreiten besitzen (Hamel et al, 2006).

	TMT-I-Winkel	TMTB-I-Winkel	TMT-Index
Gruppe A	-29,13° (±7,61°)	-22,33° (±4,42°)	-51,47° (±16,48°)
Gruppe B	-28,87° (±11,26°)	-21,87° (±5,28°)	-50,73° (±12,66°)
Gruppe C	-9,73° (±3,88°)	-10,53° (±6,81°)	-20,26° (±7,94°)

Tabelle 1.3.2.1: TMT-Index bei Patientenkollektiven (Hamel et al., 2006). Gruppe A: Patienten zwischen 7 und 11 Jahren mit Knick-Senk-Fuß, n=15. Gruppe B: Patienten zwischen 10 und 14 Jahren mit Knick-Senk-Fuß, n=15. Gruppe C: Adulte Patienten mit Halux rigidus ohne Fußdeformitäten, n=15.

2. MATERIAL UND METHODEN

2.1. MATERIAL

2.1.1 Patientengut und Alter zum Operationszeitpunkt

Die operative Behandlung des kindlichen Knick-Senk-Fuß mit dem Kalix-Implant wurde am Sankt-Elisabeth-Hospital im Sommer 2003 eingeführt. In die vorliegende Untersuchung wurden alle Patienten einbezogen, bei denen eine Arthrorise in der Zeit vom 1. Juli 2003 bis zum 31. Juli 2008 durchgeführt wurde. Alternative Operationstechniken zur Behandlung des kindlichen Pes planovalgus wurden am Sankt-Elisabeth-Hospital seit dieser Zeit nicht angewendet.

Insgesamt wurden im Zeitraum von Juli 2003 bis Juli 2008 bei 60 Kindern an 105 Füßen Arthrorisen durchgeführt (**Abb. 2.1.1.1**). Vierundvierzig Kinder wurden zweizeitig an beiden Füßen operiert, 1 Kind wurde einseitig an beiden Füßen operiert, 15 Kinder wurden nur an einem Fuß operiert. Sieben der 24 operierten Mädchen wurden an einem Fuß und bei 17 Mädchen wurden zwei Füße operiert. Acht der 36 Jungen wurden an einem Fuß und 28 Jungen an zwei Füßen operativ behandelt. Damit wurden die Methode der Arthrorise zu 61% an männliche Füße und zu 39% an weiblichen Füße durchgeführt.

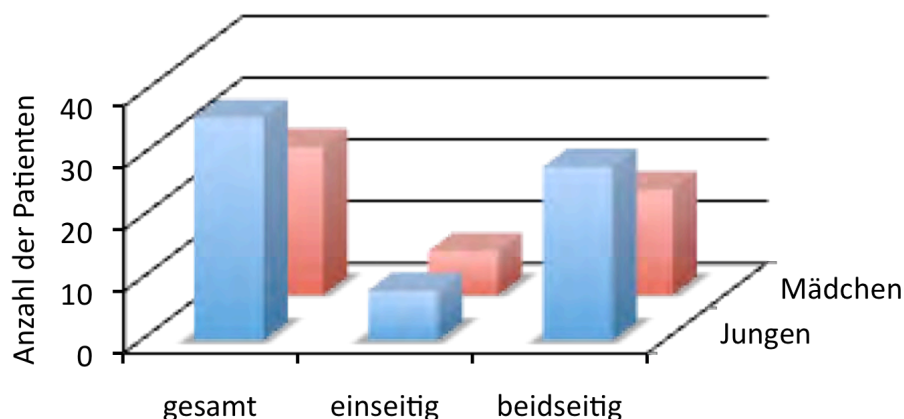


Abb. 2.2.1.1: Übersicht der operierten Kinder

Zum Zeitpunkt der Operation waren die Patienten $11 \pm 2,8$ Jahre alt. Der jüngste Patient war 4 Jahre, der älteste Patient 15 Jahre alt. Die meisten der Kinder waren zum Operationszeitraum älter als 10 Jahre. Sieben Kinder waren zum Operationszeitpunkt jünger als 6 Jahre, 13 Kinder waren zwischen 6 und 8 Jahre, 10 Kinder zwischen 8 und 10 Jahre, 28 Kinder zwischen 10 und 12 Jahre alt und 47 Kinder waren bei der Operation älter als 12 Jahre (**Abb. 2.1.1.2**).

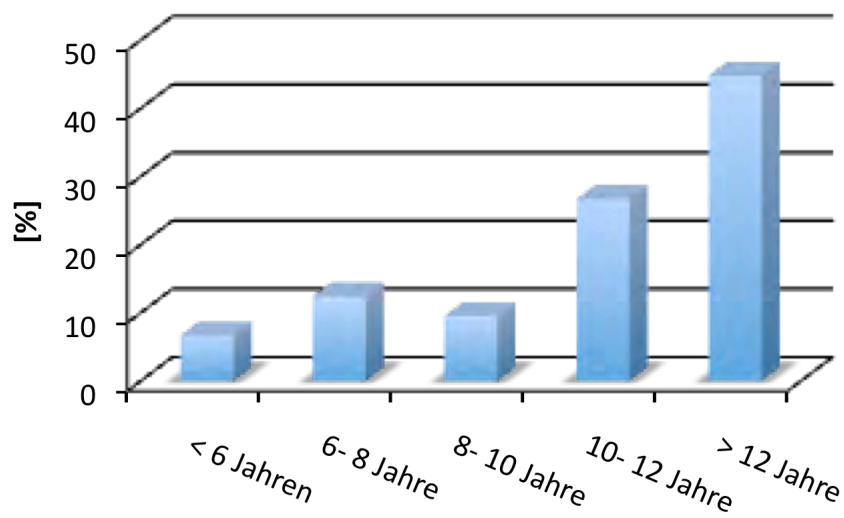


Abb. 2.1.1.2: Prozentuale Altersverteilung der operierten Kinder. Die meisten Kinder waren zum Zeitpunkt der Arthrorise älter als 10 Jahre.

2.1.2 Präklinische Phase

Die Kinder wurden von den niedergelassenen Orthopäden zur Indikationsstellung der operativen Behandlung der Knick-Senk-Füße in die ambulante Sprechstunde der Abteilung für Orthopädie des Sankt-Elisabeth-Hospitals überwiesen. Die Patienten wurden entweder von einem Assistenzarzt untersucht und die Indikation dann durch Patientenvorstellung von einem Oberarzt oder dem Chefarzt der Abteilung gestellt oder die Untersuchung und Indikationsstellung erfolgte direkt durch einen Oberarzt bzw. dem Chefarzt. In der Regel wurden bei dieser ambulanten Vorstellung neben der klinischen Untersuchung Röntgenaufnahmen der Füße in zwei Ebenen unter Belastung durchgeführt. Erfolgte die Indikationsstellung zur operativen Therapie, wurde den Patienten ein stationärer Termin zugeteilt.

2.1.2.1 Indikation

Bei der präoperativen Untersuchung zeigte sich bei allen 60 Kindern ein beidseitiger Pes planovalgus. In 51 Fällen klagten die Patienten durch die Plattfußfehlstellung über Schmerzen bei Belastung, in 54 Fällen lagen schmerzfreie Plattfüße vor. Einhundertdrei Plattfüße waren klinisch flexibel, nur zweimal zeigte sich der Plattfuß rigide. In einem Fall lag eine Coalitio talocalcaneare, in dem anderen Fall ein Knick-Senk-Fuß-Rezidiv bei vorausgegangener Arthrodese nach Grice vor. Neun der 105 Füße waren bereits vor der Arthrorise mit der Kalix-Schraube mittels medianen Weichteiloperationen im Sankt-Elisabeth-Hospital, ein Kind durch auswärtige Spongiosaschraubenimplantation in den Sinus tarsi und ein Kind durch auswärtige Arthrodese nach Grice frustriert voroperiert. An vier Füßen bei drei Patienten lag neben dem Plattfuß ein Hallux valgus vor.

2.1.2.2 Nebendiagnosen

Bei drei der 60 Patienten lag bei ideopathischer Cerebralsklerose ein neurogener Knick-Senk-Fuß vor. Ein Patient zeigte ein Marfan-Syndrom. Sechs Kinder waren an allergischem Asthma, vier Kinder an Neurodermitis und ein Kind an Zöliakie erkrankt.

2.1.3 Stationäre Phase

2.1.3.1 Anzahl der jährlichen Arthrorise-Operationen im Untersuchungszeitraum

Die operative Therapie des kindlichen Plattfußes am Sankt-Elisabeth-Hospital mittels Arthrorise mit der Kalix-Schraube wurde im Sommer 2003 eingeführt, da sich bei den bis zu diesem Zeitpunkt durchgeführten medialen Weichteiloperationen eine hohe Rezidivkomplikationsgefahr zeigte. Die Anzahl der durchgeführten Arthrorise nahm bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes im Juli 2008 stetig zu (**Abb. 2.1.3.1.1**).

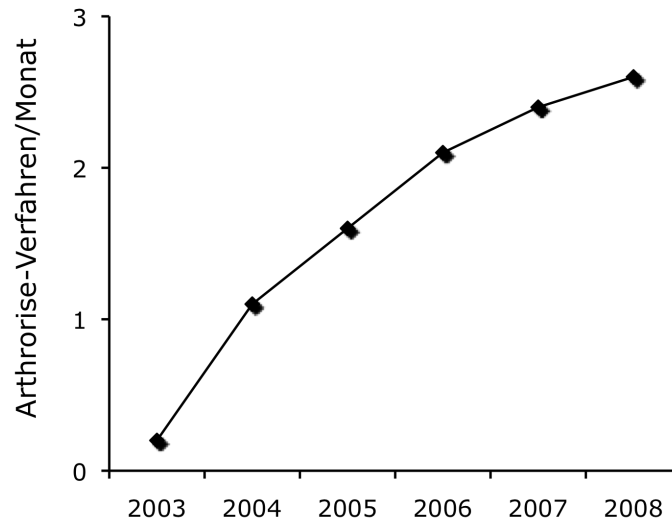


Abb. 2.1.3.1.1: Zunahme der am Sankt-Elisabeth-Hospital durchgeführten Arthrorise im Untersuchungszeitraum 2003-2008.

2.1.3.2 Aufenthaltsdauer

Die Implantation der Kalix-Schraube wird unter Vollnarkose durchgeführt. Aus diesem Grund erfolgt bei den Kindern die Arthrorise im Sank Elisabeth-Hospital nur unter stationären Bedingungen. Im Beobachtungszeitraum betrug die mittlere Aufenthaltszeit 4,7 Tage mit einer Spannweite von 1 bis 14 Tage.

2.1.3.3 Operationsdauer

Bei 99 Arthrorise lag die mittlere Operationsdauer bei 23,5 Minuten, in sechs Fällen konnten die Operationszeiten nicht den Narkoseprotokollen entnommen werden. Die kürzeste Operation dauerte 6 und die Längste 72 Minuten.

2.1.3.4 Begleitende Operationen

Die Arthrorise durch Implantation der Kalix-Schraube als singulärer Eingriff wurde 61-mal durchgeführt. Lag nach klinischer Einschätzung des Operators eine Dorsalflexionseinschränkung des oberen Sprunggelenkes durch Verkürzung der Achillessehne vor, so wurde eine Achillessehnenverlängerung durch dreimalige Stichelung über Stichinzisionen vorgenommen. Dieses Zusatzverfahren wurde 37-mal durchgeführt. Ein Fuß war nach Grice-Arthrodese bei Pes planovalgus in rigider Rezidivfehlstellung verheilt und ein

Fuß zeigte nach auswärtiger Spongiosaschraubenimplantation in den Sinus tarsi ein flexibles Rezidiv. Bei diesen Füßen wurde vor Implantation der Kalix-Schraube der Arthrodesespan reseziert bzw. die Spongiosaschraube entfernt. Bei einem weiteren rigiden Plattfuß im Patientenkollektiv lag eine Coalitio talocalcaneare vor. Diese Coalitio wurde vor Implantation der Kalix-Schraube über einen gesonderten Hautschnitt reseziert. Bei den 4 Füßen, die neben der Plattfußstellung einen Hallux valgus aufwiesen, wurde zusätzlich zur Arthrorise eine Weichteiloperation nach McBride durchgeführt.

2.1.3.5 Operateure

Die 105 Operationen wurden fünfjährigen Beobachtungszeitraum von 9 verschiedenen Operateuren durchgeführt. Alle Operateure waren Fachärzte für Orthopädie, Chirurgie oder Orthopädie und Unfallchirurgie. Zwischenzeitlich gab es einen Chefarztwechsel. Durch die beiden Chefarzte wurde das Verfahren der Arthrorise insgesamt 24-mal durchgeführt. Fünfundsiebzig der restlichen 81 Operationen wurden von 5 Oberärzten und die übrigen 6 Operationen von 2 Assistenzärzten durchgeführt.

2.1.3.6 Kalix-Schraubengröße

Das Kalix-II-Schraubenimplantat liegt in den folgenden acht Durchmessergrößen vor (in mm): 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17. Bei den 105 Arthrorise-Operationen wurden nur die Größen zwischen 10 und 14 mm verwendet. Die Größe 10 mm wurde dabei 13-mal, die Größe 11 mm 19-mal, die Größe 12 mm 30-mal, die Größe 13 mm 30-mal und die Größe 14 mm 13-mal implantiert.

2.1.4 Nachbeobachtungsphase

Nach der Operation waren die Füße für drei Wochen in einem zirkulären Castverband ruhig gestellt, bei Achillessehnenverlängerungen wurde dieser Zeitraum auf sechs Wochen verlängert. Bei allen Patienten wurde nach drei Wochen der Castverband abgenommen und die Hautfäden konnten entfernt

werden. Wundheilungskomplikationen traten bei keinem Kind auf. Zur Lagekontrolle der Kalix-Schrauben wurden Röntgenkontrollen in zwei Ebenen meist ohne Belastung durchgeführt. Achtzehn Kinder (25 Fälle) führten diese erste Nachuntersuchung heimatnah bei einem niedergelassenen Orthopäden durch. Im Falle einer Achillessehnenverlängerung wurde der geschaltete Castverband für weitere drei Wochen angelegt. Es sollten nach Entfernung der Castverbände langsohlige Einlagen mit einer medialen Mittelfußberhöhung von den niedergelassenen Kollegen verordnet werden. Mit diesen Einlagen konnten die Kinder dann die Füße voll belasten. Die Einlagen sollten für mindestens ein halbes Jahr getragen werden. Bis zur Entfernung der Implantate nach Ausreifung des knöchernen Fußskeletts mit circa 20 Jahren sollten regelmäßig klinische und radiologische Kontrollen erfolgen.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden Nachuntersuchungen in der zweiten Hälfte 2009 durchgeführt. Insgesamt konnten 96 Fälle (91,4%) bei 55 Kindern nach einem mittleren postoperativen Zeitraum von $32,3 \pm 16,1$ Monaten analysiert werden. Sechszunddreißig Patienten mit 62 operierten Füßen (59%) konnten klinisch und radiologisch in der Abteilung für Orthopädie nachuntersucht werden. Dreizehn Fälle (7 Kinder; 12,4%) gaben Auskunft über den postoperativen Verlauf mittels des zurückgesendeten Fragebogens. Bei sieben Fällen (10 Kinder; 16,2%) wurde der Behandlungsverlauf mit einem Erziehungsberechtigten und den Kindern telefonisch besprochen. In 4 Fällen bei 2 Kindern (3,8%) konnten die notwendigen Informationen über den niedergelassenen Kollegen per Telefon geklärt werden. Neun Fälle bei 5 Kindern (8,6%) konnten wegen Nichterreichbarkeit oder Umzug der Patienten nicht verfolgt werden (**Abb. 2.1.4.1**).

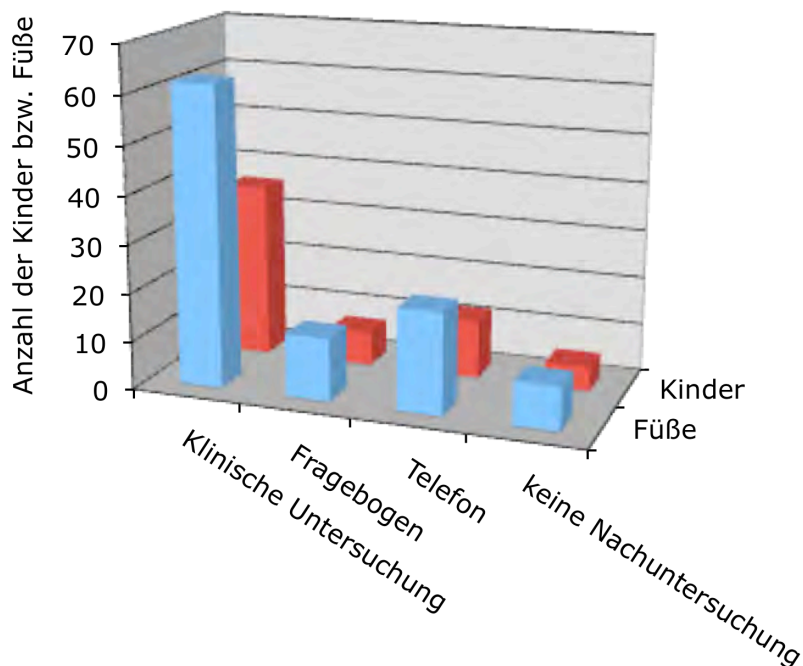


Abb. 2.1.4.1: Die Nachuntersuchungen der mittels Arthrorise-Verfahren operierten Kinder erfolgte je nach Verfügbarkeit mittels klinischer Untersuchung, Fragebogen oder telefonisch. In einigen Fällen konnte kein Kontakt zu den Patienten hergestellt werden.

2.2. METHODEN

2.2.1 Diagnosestellung und Behandlungsverlauf

Die Diagnosestellung bei kindlichem Knick-Senk-Fuß erfolgte im Studienzeitraum von 2003 bis 2008 durch die niedergelassenen Orthopäden. Bei symptomatischen und schweren Formen von Knick-Senk-Füßen wurden die Patienten von den Kollegen in eine durch die Ambulanz der Abteilung für Orthopädie am Sankt-Elisabeth-Hospital eingerichtete ambulante Sprechstunde zur Indikationsstellung einer operativen Therapie überwiesen. Die Kinder erschienen in Begleitung ihrer Eltern. Sie wurden von einem Assistenzarzt der Abteilung für Orthopädie klinisch untersucht. Wenn keine auswärtig angefertigten Röntgenaufnahmen zur Untersuchung vorlagen, erfolgte eine Röntgendiagnostik der Füße unter Belastung in zwei Ebenen. Anschließend wurde das Kind vom Assistenzarzt, einem Oberarzt oder dem Chefarzt der Abteilung für Orthopädie zur Indikationsstellung vorgestellt. Der klinische und

radiologische Untersuchungsbefund und das weitere Behandlungsprocedere wurde dem niedergelassenen Orthopäden schriftlich mitgeteilt. Bei positiver Indikationsstellung zur Arthrorise erhielten die Patienten schriftlich einen Termin zur Operation und dem präoperativen Vorbereitungstag.

Bei der prästationären Vorbereitung erfolgten die Anamneseerhebung und eine klinische Untersuchung durch einen Assistenzarzt der Abteilung für Orthopädie. Es wurde für die Operation eine Laboruntersuchung veranlasst. Eine Unterschenkelgipsschiene zur postoperativen Retention wurde angefertigt. Der Assistenzarzt führte mit dem Patienten und einem Erziehungsberechtigten der Kinder die Einverständniserklärung zur Operation durch. Durch einen Kollegen der Abteilung für Anästhesiologie erfolgte neben einer klinischen Untersuchung der Patienten die Aufklärung über die Vollnarkose.

Am Morgen des Operationstages wurden die Patienten auf der orthopädisch/chirurgisch gemischten Kinderstation des Sankt-Elisabeth-Hospitals durch eine Krankenschwester stationär aufgenommen. Die Operationsdauer betrug im Durchschnitt 23 Minuten. Der stationäre Aufenthalt dauerte in der Regel 4 Tage. Täglich wurden die Patienten vom Operateur und den Assistenzärzten visitiert und eine Wundkontrolle durchgeführt. Die Füße wurden nach der Operation in der Gipsschiene in zwei Ebenen ohne Belastung geröntgt. Am 3. postoperativen Tag wurden die Unterschenkelgipsschienen gegen einen zirkulären Castverband ausgetauscht. Frühkomplikationen, wie zum Beispiel Wundheilungsstörungen, Hämatome und Infektionen traten bei keinem der 105 Fälle auf.

Die Patienten stellten sich in der 4. postoperativen Woche zur ambulanten Kontrolle in der orthopädischen Ambulanz vor. Bei den 37 Arthrorisen mit Achillessehnenverlängerung wurde diese Untersuchung in der 6. postoperativen Woche vorgenommen. Nach Entfernung der Castverbände und des Nahtmaterials erfolgte eine klinische Untersuchung der Füße und Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen unter Belastung. Die Kinder erhielten die Empfehlung zur Verordnung von langsohligen Einlagen mit medialer Abstützung für ein Jahr. Nach Anpassung der Einlagen im Konfektionsschuhwerk konnten die Patienten den Fuß voll belasten.

Die Füße sollten im Jahresrhythmus nachuntersucht werden. Viele Kinder stellten sich regelmäßig in der ambulanten Fußsprechstunde im Sankt-Elisabeth-Hospital vor. Bei Patienten mit langer Anfahrt erfolgten die Nachuntersuchungen durch den niedergelassenen Kollegen. Die Nachuntersuchungen im Rahmen der Studie fanden im 2. Halbjahr 2009 nach schriftlicher Einladung in der Abteilung für Orthopädie am Sankt-Elisabeth-Hospital in Gütersloh statt. Den schriftlichen Einladungen wurde ein Fragebogen zum postoperativen Verlauf mit einem frankierten Rückumschlag beigelegt.

2.2.2 Patientenakten

Die Patientendaten der präklinischen und klinischen Phase wurden den schriftlichen und digitalen Patientenakten entnommen. Als digitales Krankenhausinformationssystem wird im Sankt-Elisabeth-Hospital das Programm mpa von der Firma Systema verwendet. Angaben über das Datum der Indikationsstellungsuntersuchung, des präoperativen klinischen Befundes des Fußes, wie zum Beispiel Angaben über Belastungsschmerzen und Stellung des Rückfußes, Voroperationen und Nebendiagnosen konnten den schriftlichen Untersuchungsbefunden der Voruntersuchungen und dem Anamnesebogen zur stationären Aufnahme entnommen werden. Aus dem Anästhesieanamnesebogen und dem Narkoseprotokoll waren Angaben über Gewicht und Größe, Nebendiagnosen, Operationstag und Operationsdauer sowie Name des Operators ersichtlich. Anhand der Operationsberichte und den digital gespeicherten Operationsdaten ließen sich der Name des Operators, die Kalixschraubengröße und eventuelle begleitende Operationsverfahren entnehmen. Aus dem Entlassungsbericht und den Aufzeichnungen zu den täglichen Visiten wurden die Angaben über den postoperative Heilungsverlauf und das Entlassungsdatum entnommen. Bei den ambulanten Nachuntersuchungsterminen wurde die Dauer der Retention der Füße in den Castverbänden, der Wundheilungsverlauf und postoperativen Beschwerden dokumentiert und schriftlich den zuweisenden Orthopäden mitgeteilt.

2.2.3 Fragebogen

Den Patienten beziehungsweise den Eltern der Kinder wurde eine regelmäßige Kontrolle nach der operativen Therapie der Knick-Senk-Füße mit den Kalix-Implantaten empfohlen. Diese Untersuchungen sollten jährlich erfolgen. Viele Kinder stellten sich regelmäßig zu diesen ambulanten Kontrollen in der Abteilung für Orthopädie im Sankt-Elisabeth-Hospital vor. Im Rahmen dieser Studie wurden die Untersuchungstermine in der zweiten Hälfte 2009 in einer ambulanten Oberarztsprechstunde durchgeführt. Die 60 Patienten und ihre Eltern wurden über diese Nachuntersuchung schriftlich informiert. Dem Schreiben wurde ein Fragebogen beigelegt (**Abb. 2.2.3.1**). Wenn die Eltern keinen Nachuntersuchungstermin im Sankt-Elisabeth-Hospital wünschten, wurden sie gebeten, den Fragebogen mit ihren Kindern auszufüllen und mittels beigelegtem frankierten Briefumschlag zurückzuschicken. Zum Teil erfolgte die Beantwortung des Fragebogens nach telefonischer Nachfrage. Durch den zurückgesendeten Fragebogen wurden Nachbehandlungsergebnisse von 7 Patienten, beziehungsweise 13 Fälle erfasst, telefonische Auskunft wurde von 12 Patienten (21 Fälle) erhalten. Bei 36 Patienten (62 Fälle) erfolgte die Befragung im Verlauf der Nachuntersuchung am Sankt-Elisabeth-Krankenhaus. Fünf Patienten (9 Fälle) konnten weder nachuntersucht werden, noch lag eine schriftliche oder mündliche Stellungnahme vor.

Der Fragebogen umfasste neben dem Patientennamen und Geburtsdatum drei Fragen zum postoperativen Verlauf. Die Fragen sollten von den Kindern in Zusammenarbeit mit den Eltern beantwortet werden. In der ersten Frage wurde nach der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis gefragt. Es konnte zwischen vier Antwortmöglichkeiten (sehr zufrieden, zufrieden, weniger zufrieden und nicht zufrieden) gewählt werden. Die zweite Frage befasste sich mit postoperativen Beschwerden oder Schmerzen. Wenn die Kinder über postoperative Beschwerden oder Schmerzen klagten, sollten die Kinder und die Eltern in einem Freitext die Beschwerden verifizieren. In der dritten Frage wurden postoperative Komplikationen behandelt. Sollten Komplikationen nach der Operation aufgetreten sein, so sollten diese Komplikationen ebenfalls in einem Freitext erläutert werden.

Fragebogen *Arthrorise* Operation

Sankt Elisabeth Hospital
Orthopädie / Oberarzt Quandel
Stadtring Kattenstroth 130
33332 Gütersloh

Patientenname und Geburtsdatum

Sehr geehrte Damen und Herren,

wenn ein Untersuchungstermin ihres Kindes nicht möglich bzw. von Ihnen nicht erwünscht ist, bitten wir Sie und Ihre Kind folgende Fragen zu beantworten und den Fragebogen mit dem beiliegenden, frankierten Briefumschlag an die Abteilung für Orthopädie im Sankt Elisabeth Hospital zurück zu senden.

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt ohne persönliche Daten.

Frage 1)

Ist Ihr Kind mit dem Ergebnis der Operation am Knick-Senkfuß zufrieden?
(bitte ankreuzen)

sehr zufrieden
zufrieden
weniger zufrieden
nicht zufrieden

Frage 2)

Hat Ihr Kind nach der Fußoperation Schmerzen oder Beschwerden?
(bitte ankreuzen, bei Beschwerden bitte mit Freitext beschreiben)

keine Beschwerden
Beschwerden

Frage 3)

Sind nach dem operativen Eingriff Komplikationen aufgetreten?
(bitte ankreuzen, bei aufgetretenen Komplikationen bitte mit Freitext beschreiben)

keine Komplikationen
Komplikationen

Wir danken Ihnen für ihre Mühe.

Abb. 2.2.3.1: Fragebogen zur Erfassung der Patientenzufriedenheit.

2.2.4 Klinische Untersuchung

Die klinischen und radiologischen Nachuntersuchungen erfolgten im Rahmen einer Oberarztsprechstunde in der Abteilung für Orthopädie des Sankt-Elisabeth-Hospitals in Gütersloh. Es konnten insgesamt 62 Füße bei 36 Patienten nachuntersucht werden. Die Untersuchungen erfolgten im Beisein eines Elternteils der Kinder. Zunächst erfolgte die mündliche Anamnese. Dabei wurden die im Fragebogen enthaltenen Fragen mit den entsprechenden Antwortmöglichkeiten den Kindern und ihren Eltern gestellt. Die Kinder wurden nach ihren sportlichen Aktivitäten befragt, da einzelne Kinder über Schmerzen am Sinus tarsi bei bestimmten Sportarten (Ballett, Trampolinspringen, Volteigieren) geklagt hatten. Die Patienten wurden nach dem Tragen von Schuheinlagen befragt. Nach Beurteilung des Gangbildes erfolgte die Photodokumentation der Füße von lateral und dorsal. Es wurde die Stellung des Rückfußes und das Fußgewölbe im Stand und im Zehenspitzenstand beurteilt. Die Füße und Unterschenkel wurden anschließend palpatorisch nach Druckschmerzpunkten, Narbenunregelmäßigkeiten mit Kontrolle des Sensibilitätsstatus, sonstigen Deformitäten an den Füßen, Muskelatrophien und Verschwiellungen untersucht. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf einem Nachuntersuchungsbogen festgehalten (**Abb. 2.2.4.1**). Zum Abschluss der Nachuntersuchungen erfolgte nach Durchführung der Röntgendiagnostik ein beratendes Gespräch mit den Kindern und ihren Eltern über den weiteren Verlauf der Behandlung und die notwendige Entfernung des Kalix-Implantats nach dem Ende der Wachstumsphase um das 20. Lebensjahr.

Name, *:		
	Re.	Li.
1. präop.		
2. präop.		
OP		
1. postop.		
2. postop.		
Nachuntersuchung:		
Nebendiagnosen:		
Alter, Gewicht, Größe:		
Sport:		
Einlagen:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gangbild:		
Narbenlänge (cm):		
Beschwerden:		
Komplikationen:		
Zufriedenheit Pat.	Sz <input type="checkbox"/> Z <input type="checkbox"/> Wz <input type="checkbox"/> Unz. <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Zufriedenheit Ope.	Sz <input type="checkbox"/> Z <input type="checkbox"/> Wz <input type="checkbox"/> Unz. <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Bew. OSG (dors/plant):		
USG		
Inv./Ever.		
Pron./Sup.		
Valguswinkel (Grad):		

Abb. 2.2.4.1: Nachuntersuchungsbogen zur Erfassung der klinischen Parameter.

2.2.5 Radiologische Untersuchung

Bei den 60 am Sankt-Elisabeth-Hospital mittels Arthrorise behandelten Kindern mit Knick-Senk-Füßen wurden in den meisten Fällen zur präoperativen Diagnostik und bei den postoperativen ambulanten Kontrollen standardisierte Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen unter Belastung durchgeführt. Nur die direkten postoperativen Kontrollen während des stationären Aufenthaltes, bei denen die Füße in einem Castverband retiniert waren, wurden ohne Belastung erstellt. Bei Kindern, die auswärtig nicht standardisiert geröntgt wurden und diese Röntgenbilder als Befund zu den Sprechstunde mitbrachten, wurden keine neue Röntgenaufnahmen erstellt.

Bei den standardisierten a.p. Röntgenaufnahmen unter Belastung stand das Kind mit beiden Füßen auf den 24 x 30 cm großen Filmkassetten. Die Kniegelenke mussten von den Kindern leicht gebeugt werden. Die Röntgenröhre wurde in einem Winkel von 10° mit einem Abstand von 1,05 Meter auf den Mittelfuß gerichtet, so dass der Talus und der Kalkaneus ausreichend dargestellt werden konnten. Die Strahlendosis wurde auf 50 kV und 2,5 mA/s eingestellt. Es wurden feinzeichnende Folien zur Minderung der Röntgenstrahlendosis benutzt. Bei den seitlichen Röntgenaufnahmen standen die Patienten im Beidbeinbelastungsstand auf einer vom TÜV zertifizierten Treppenstufe, die eine standardisierte Aufnahme mit immer gleichem Fußabstand zur Röntgenkassette ermöglichte. Röntgenröhrenabstand und Strahlendosis entsprachen den zur Erstellung der a.p. Bilder verwendeten Werten.

Anhand der Röntgenbilder wurden im Rahmen der Studie verschiedene Winkelmaße (Talo-Metatarsal-I-Winkel im seitlichen Strahlengang, Talo-calcaneärer Winkel im seitlichen Strahlengang, Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel im a.p. Strahlengang) ermittelt.

3. ERGEBNISSE

In der vorliegenden Arbeit wurden die postoperativen Behandlungsverläufe nach 105 Arthrorise-Operationen beim kindlichem Knick-Senk-Fuß nachuntersucht. Die Nachuntersuchung konnte in 62 Fällen klinisch und mittels Fragebogen erfolgen. In 34 Fällen erfolgte die Eruierung des postoperativen Verlaufs lediglich schriftlich oder mündlich mittels Fragebogen. Neun Fälle konnten nicht nachuntersucht werden.

3.1 Komplikationen

In 22 Fällen (20,95%) zeigten sich bei 17 Kindern (28,33%) nach operativer Therapie der Knick-Senk-Füße mit der Kalix-Schraube Komplikationen in Form von Schmerzen, Schraubendislokation oder Rezidiv, mit zum Teil operativen Revisionen. Frühe postoperative Komplikationen wie Nachblutungen, Wundheilungsstörungen und Achillessehnenrupturen bei begleitender Achillessehnenverlängerung wurden im gesamten Patientenkollektiv nicht beobachtet (**Abb 3.1.1**). Bei 12 Füßen (11,43%) bzw. 10 Patienten (16,7%) zeigten sich postoperative Schmerzen über dem Schraubenlager im Sinus tarsi überwiegend beim Sport oder nach längerer Belastung. In 6 Fällen wurde das Kalix-Implantat aufgrund der Schmerzen entfernt. Bei 8 Füßen (7,62 %) bzw. 7 Patienten (11,67%) dislozierte die Kalix-Schraube aus dem Sinus tarsi. Alle 8 Patienten mit Schraubendislokationen wurden operativ revidiert (8x Reimplantation, 1x Explantation 3 Jahre nach Wechsel). Bei 2 Patienten (3,33%) bzw. 2 Füßen (1,9%) wurde durch die Arthrorise keine Verbesserung des Pes planovalgus erreicht, beide Füße wurden revidiert.

3.1.1 Schmerzen

Bei 10 Patienten (16,7%) bzw. 12 Füßen (11,43%) zeigten sich postoperative Schmerzen im Bereich des Sinus tarsi über den Kalix-Schrauben. Sechs Kalix-Schrauben (5 Patienten) wurden aufgrund der Schmerzen explantiert. Keiner dieser Patienten konnte im Rahmen dieser Studie im Jahr 2009 klinisch nachuntersucht werden. Es lagen lediglich schriftliche bzw. mündliche

(Fragebogen) Auskünfte vor. Nur einer dieser Patient war nach telefonischer Auskunft insgesamt mit dem Operationsergebnis zufrieden. Nur bei diesem Patienten gibt es präoperative und postoperative aussagekräftige Röntgenbilder. Die Kalix-Schraube wurde nach 40 Monaten bei gutem klinischem und radiologischem Ergebnis auswärtig explantiert. In den übrigen fünf Fällen waren die Patienten aufgrund der notwendigen Explantation unzufrieden (**Tab. 3.1.1.1**).

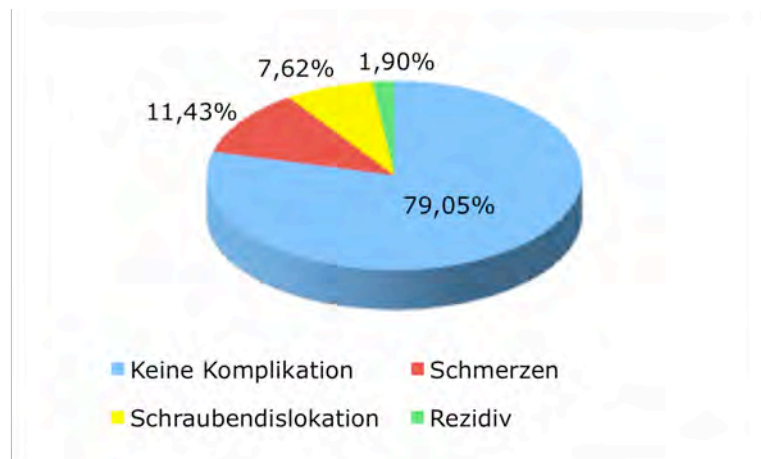


Abb. 3.1.1.1: Postoperative Komplikationen nach dem Arthrorise-Verfahren.

Von den 5 Patienten (6 Füße) mit postoperativen Schmerzen aber ohne notwendige operativer Revision, konnte nur ein Patient (1 Fuß) 2009 für die Studie klinisch nachuntersucht werden. Zwei Patienten (3 Füße) sind trotz der Schmerzen mit dem Ergebnis zufrieden, ein Patient ist weniger zufrieden und 2 sind nicht zufrieden (**Tab. 3.1.1.1**).

Bei der Indikationsuntersuchung vor der Arthrorise-Operation lagen bei 7 der 12 Fälle mit postoperativen Schmerzen ein schmerzhafter und in 5 Fällen ein schmerzfreier Knick-Senk-Fuß vor.

	Postoperative Schmerzen und notwendige operative Revision	Postoperative Schmerzen ohne operative Revision
sehr zufrieden	0	0
zufrieden	1	3
weniger zufrieden	0	1
nicht zufrieden	5	2
Summe	6	6

Tab. 3.1.1.1: Zufriedenheit der Patienten mit postoperativen Schmerzen mit bzw. ohne Revision. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Patienten.

3.1.2. Dislokation

Bei 8 Fällen (7,62%) bzw. 7 Patienten (11,67%) kam es im postoperativen Verlauf zu einer Dislokation der Kalix-Schraube. Alle 8 Füße wurden reoperiert (8x Reimplantation, davon 1x Explantation 3 Jahre nach Wechsel). In 6 Fällen und bei 5 Patienten konnte im zweiten Halbjahr 2009 in Rahmen dieser Studie eine klinische Nachuntersuchung erfolgen. Drei Patienten (4 Fälle) sind mit dem abschließenden Ergebnis sehr zufrieden, 1 Patientin ist weniger zufrieden und in 3 Fällen sind die Patienten nicht zufrieden (**Tab. 3.1.2.1**).

	Postoperative Schraubendislokation
Sehr zufrieden	4
Zufrieden	0
Weniger zufrieden	1
nicht zufrieden	3

Tab. 3.1.2.1: Postoperativer Zufriedenheit der Patienten mit Schraubendislokation. Die Diagnosen der Schraubendislokation wurden in den 8 Fällen nach 4, 5, 11, 12, 15, 30, 47 bzw. 47 Monaten postoperativ nach der Arthroriseoperation mit dem Kalix-Implantat gestellt. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Patienten.

Die 6 Fälle, die klinisch nachuntersucht werden konnten, zeigten ein normales Fußbild. Lediglich bei 4 von diesen 6 Fällen liegen präoperative und postoperative standardisierte Röntgenaufnahmen zum Zeitpunkt der

Nachuntersuchung der Füße vor. Die ermittelten radiologischen Winkel zeigten eine Verbesserung des talocalcanearen Winkels von präoperativ $43,25^\circ (\pm 4,0^\circ)$ auf postoperativ $38^\circ (\pm 2^\circ)$. Der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel verbesserte sich von durchschnittlich $-26^\circ (\pm 4,7^\circ)$ auf $-9,25^\circ (\pm 10,5^\circ)$. Der anterioposteriore Talo-Metatarsale-I-Basis-Winkel zeigte einen Rückgang von $-20,75^\circ (\pm 6,3^\circ)$ auf $-3,75^\circ (\pm 7,3^\circ)$. Somit verbesserte sich der Talo-Metatarsal-Index von $-46,75^\circ (\pm 9,8^\circ)$ präoperativ auf $-13^\circ (\pm 14,0^\circ)$ postoperativ.

3.1.3 Rezidiv

Bei 2 Patienten (3,33%) bzw. 2 Füßen (1,90%) wurde durch die Arthrorise keine Verbesserung des Pes planovalgum bzw. der komplexen Fußdeformitäten erreicht. Beide Füße wurden revidiert. Bei diesen Patienten lag vor der operativen Therapie ein komplexes Krankheitsbild der Füße vor. In beiden Fällen bestand präoperativ ein rigider Knick-Senk-Fuß.

Der rigide Knick-Senk-Fuß einer Patientin war durch eine Coalitio talocalcaneare bedingt, d.h. das untere Sprunggelenk (Articulatio talotarsalis) war verwachsen. Bei der Operation wurde die Coalitio reseziert und eine Arthrorise mit dem Kalix-Implantat durchgeführt. Postoperativ kam es zu einem Rezidiv mit erneuter Ausbildung der Coalitio. Nach wiederholter Resektion konnte eine klinisch gute Fußform erreicht werden. Die Patientin war abschließend mit dem Ergebnis zufrieden.

Im Fall der zweiten Patientin bestand ein Knick-Senk-Fuß-Rezidiv nach vorausgegangener Grice-Arthrodese. Während der Operation wurde die Arthrodese durch Resektion des im Sinus tarsi implantierten Knochenspans aufgelöst und eine Kalix-Schrauben-Implantation durchgeführt. Diese Maßnahme erbrachte jedoch keine Verbesserung der Fußstellung. Auch dieser Fuß wurde revidiert, ohne jedoch zu einem guten Endergebnis zu gelangen. Die Patientin war schließlich unzufrieden.

3.1.4 Vergleich Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt mit postoperativen Komplikationen

Zum Zeitpunkt der Operation waren die Patienten im Mittel 11 Jahre alt. In Zweijahresgruppen aufgeteilt zeigen sich folgende Häufigkeiten: Sieben Kinder (6,7%) waren zum Operationszeitpunkt jünger als 6 Jahre, 13 Kinder (12,4%) waren zwischen 6 und 8 Jahre, 10 Kinder (9,5%) zwischen 8 und 10 Jahre, 28 Kinder (26,7%) zwischen 10 und 12 Jahre alt und 47 Kinder (44,8%) waren bei der Operation älter als 12 Jahre.

	< 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	> 12
Keine Komplikationen	4 (57,1)	10 (76,9)	7 (70,0)	22 (78,6)	40 (85,1)
Schmerzen	1 (14,3)	1 (7,7)	2 (20,0)	3 (10,7)	5 (10,6)
Schraubendislokation	2 (28,6)	2 (15,4)	1 (10,0)	1 (3,6)	2 (4,3)
Rezidiv		0	0	2 (7,1)	0

Tab. 3.1.4.1: Vergleich Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt mit postoperativem Verlauf. Angegeben ist jeweils die Anzahl (bzw. der prozentuale Anteil) der Patienten.

Die Patienten, bei denen postoperativ Schmerzen auftraten, waren zum Operationszeitraum durchschnittlich 10,9 Jahre alt. Die Kinder, bei denen postoperativ eine Schraubendislokation auftrat, waren zum Zeitpunkt der Arthrorise im Durchschnitt 8,6 Jahren alt. Die zwei Kinder mit Rezidiven waren zum Zeitpunkt der Arthroriseoperation 10 Jahre alt. Die Häufigkeiten von Komplikationen in den einzelnen Altersstufen sind in **Tab. 3.1.4.1** und **Abb. 3.1.4.1** dargestellt.

Werden die Patienten in zwei Altersgruppen eingeteilt (< 10 Jahre bzw. ≥ 10 Jahre), so zeigte sich in dem untersuchten Patientenkollektiv, dass die Gefahr einer postoperativen Komplikation bei jüngeren Patienten deutlich erhöht ist (**Abb. 3.1.4.2**). Insbesondere Schraubendislokationen traten bei jüngeren Patienten signifikant häufiger auf. Nimmt man beide Rezidive heraus, bei denen

es sich präoperativ um rigide Knick-Senk-Füße handelte, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass eine postoperative Komplikation auftritt im Patientenkollektiv jünger als 10 Jahre bei 30,0% im Gegensatz zu 15,1% im älteren Patientenkollektiv. Die Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Dislokation der Kalix-Schraube liegt in der jüngeren Patienten-Gruppe bei 16,7% gegenüber 4,1% in der älteren Gruppe und ist somit mehr als 4-mal höher. Die Wahrscheinlichkeit von postoperativen Schmerzen zeigte sich gleichermaßen in der Gruppe der jüngeren (13,3%) und älteren (11,0%) Patienten.

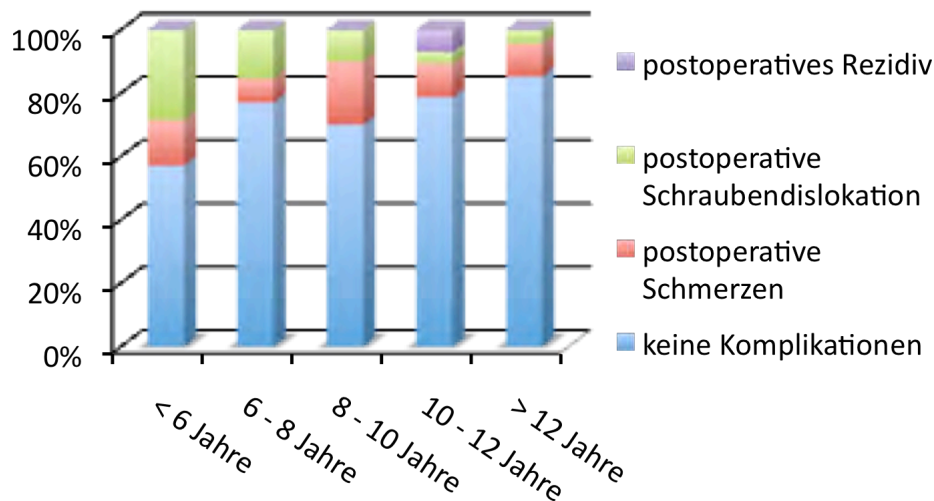


Abb. 3.1.4.1: Vergleich Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt mit postoperativem Verlauf. Jüngere Patienten (< 6 Jahre) zeigten ein signifikant erhöhtes Risiko einer postoperativen Komplikation ($P < 0.05$; Fischer-Exact-Test).

3.1.5 Vergleich Größe der Kalixschrauben mit postoperativen Komplikationen

Bei den 105 Arthrorise-Operationen wurden Schraubengrößen zwischen 10 und 14 mm verwendet. Die Größe 10 mm wurde dreizehnmal, die Größe 11 mm neunzehn mal, die Größe 12 mm dreißigmal, die Größe 13 mm dreißigmal und die Größe 14 mm dreizehnmal implantiert (**Tab. 3.1.5.1**). Die Kalix-Schrauben, die postoperativ Beschwerden hervorriefen, zeigten die Größen: 2x10 mm, 2x 11 mm, 5x 12 mm, 2x 13 mm und 1x 14 mm. Die Kalix-Schrauben, die postoperativ luxierten, hatten die folgende Größen: 2x 10 mm, 1x 11 mm, 3x 12 mm, 1x 13 mm und 1x 14 mm. Aus den sich ergebenden Zahlen lassen sich

keine signifikanten Rückschlüsse über den Zusammenhang von verwendeten Kalix-Schraubengrößen und postoperativen Komplikationen ziehen.

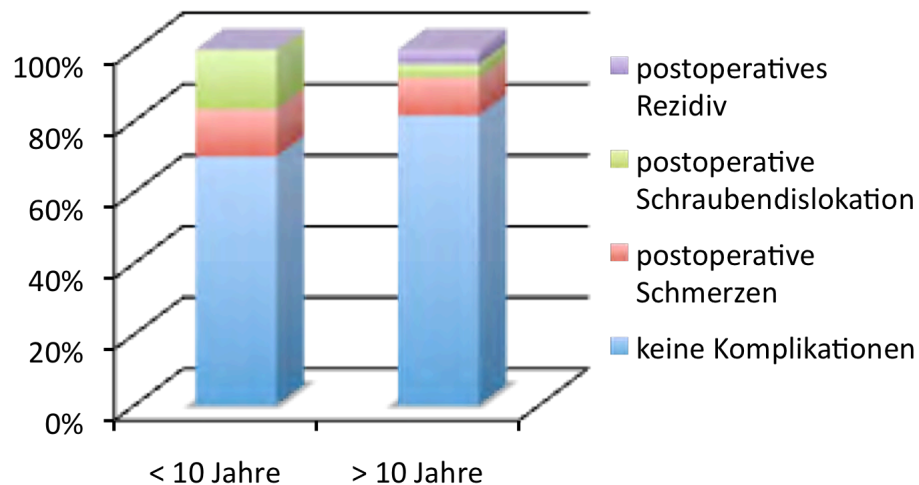


Abb. 3.1.4.2: Vergleich Alter der Patienten zum Operationszeitpunkt mit postoperativem Verlauf. Das Vorkommen von Dislokationen erfolgte in der Gruppe der jüngeren Patienten (< 10 Jahre) signifikant häufiger im Vergleich zu den über 10-jährigen Patienten ($P < 0,05$; Fischer-Exact-Test).

Kalix-Schraubengößen	10 mm	11 mm	12 mm	13 mm	14 mm
Keine Komplikation	9 (69,2)	13 (81,3)	22 (73,3)	27 (90,0)	11 (84,6)
Schmerzen	2 (15,4)	2 (12,5)	5 (16,7)	2 (6,7)	1 (7,7)
Dislokation	2 (15,4)	1 (6,3)	3 (10,0)	1 (3,3)	1 (7,7)

Tab. 3.1.5.1: Vergleich der Kalix-Schraubengröße mit postoperativem Verlauf. Angegeben ist jeweils die Anzahl (bzw. der prozentuale Anteil) der Patienten.

3.2 Patientenzufriedenheit

Im Rahmen der Nachuntersuchung im zweiten Halbjahr 2009 konnte die Zufriedenheit der Patienten und ihrer Eltern über das Behandlungsergebnis nach Arthrorise mit dem Kalix-Implantat in 96 von insgesamt 105 am Sankt-Elisabeth-Hospital durchgeführten Arthrorise-Operationen ermittelt werden (**Tab. 3.2.1**). Sechsenddreißig Kinder (62 Fußoperationen) gaben bei der klinischen Nachuntersuchung im Sankt-Elisabeth-Hospital Auskunft über die postoperative Zufriedenheit. Bei 7 Kindern mit insgesamt 13 Fußoperationen gaben die Eltern mittels zurückgesandten Fragebogen und bei 17 Fällen, bzw. 10 Kindern telefonisch Auskunft über die postoperative Zufriedenheit. In 4 Fällen wurde eine Auskunft über Komplikationen durch den niedergelassenen Kollegen erhalten. Bei 5 Kindern (9 Fälle) konnte wegen Umzug keine Informationen über den Behandlungsverlauf nach der Plattfußoperation ermittelt werden.

	Fallzahlen
Nachuntersuchung/Befragung	62
Fragebogen (postalisch)	13
Fragebogen (telefonisch)	17
Niedergelassener Arzt	4
Keine Auskunft	9
Gesamt	105

Tab. 3.2.1: Auflistung der verwendeten Mittel zur Recherche der postoperativen Zufriedenheit und Anzahl der Fälle.

Es konnte bei der Frage nach dem Behandlungsergebnis zwischen den vier Antwortmöglichkeiten sehr zufrieden, zufrieden, weniger zufrieden und nicht zufrieden entschieden werden. Von den 96 Fällen in denen eine Auskunft über die Zufriedenheit mit dem postoperativen Ergebnis nach der Arthroriseoperation erhoben werden konnte, sind in 62 Fällen die Patienten mit dem

Behandlungsergebnis sehr zufrieden, in 20 Fällen zufrieden, in 3 Fällen weniger zufrieden und in 11 Fällen nicht zufrieden (**Abb. 3.2.1**). Demnach sind in 85,4% der Behandlungsfälle die Patienten mit dem Ergebnis zufrieden oder sehr zufrieden und 14,6% weniger oder nicht zufrieden (**Abb. 3.2.2**). In der Patientengruppe mit erfasster postoperativer Zufriedenheit, bei denen keine postoperative Komplikation auftrat (74 von 96 Fällen), ist nur in einem Fall ein Patient mit dem Ergebnis weniger zufrieden, in den 73 anderen Behandlungsfällen sind die Patienten sehr zufrieden oder zufrieden. In der Gruppe mit Komplikationen (22 von 96 Fällen) waren 9 Fälle mit dem Ergebnis sehr zufrieden bzw. zufrieden und 13 Fälle äußerten sich über das Behandlungsergebnis weniger zufrieden oder unzufrieden.

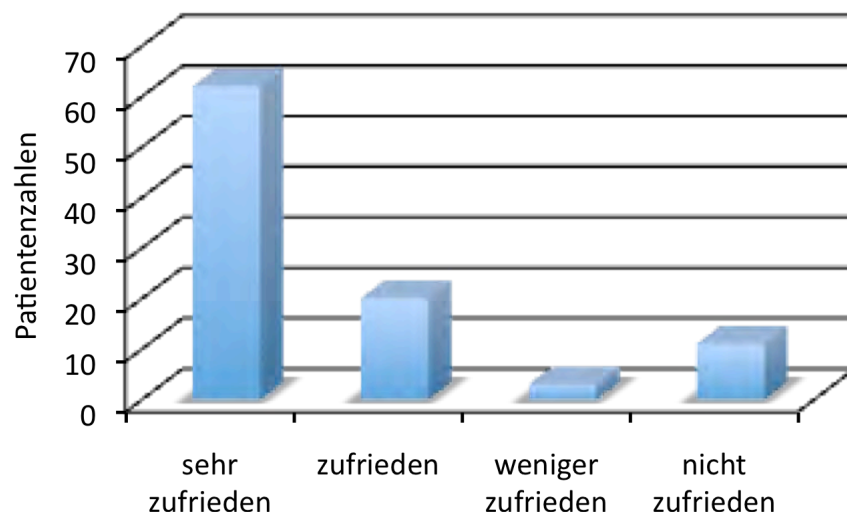


Abb. 3.2.1: Fallzahlen der postoperative Zufriedenheit der Patienten nach Behandlung von Knick-Senk-Füßen mittels Arthrorise mit dem Kalix-II-Implantat.

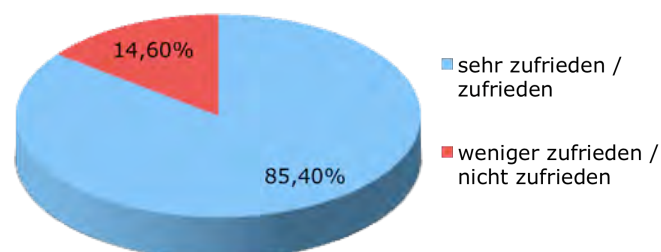


Abb. 3.2.2: Prozentuale Verteilung der postoperativen Zufriedenheit nach Behandlung von Knick-Senk-Füßen mittels Arthrorise mit dem Kalix-II-Implantat.

Auffallend ist, dass sich bei den 8 Fällen mit dislozierten Kalixschrauben trotz Wechseloperation in 4 Fällen die Patienten mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden zeigten (**Tab. 3.2.2**).

	Keine postoperativen Komplikationen	Postoperative Komplikation	Summe
Sehr zufrieden oder zufrieden	73	9	82
Wenig zufrieden oder nicht zufrieden	1	13	14
Summe	74	22	96

Tab. 3.2.2: Vergleich der postoperativen Zufriedenheit mit den Auftreten von postoperativen Komplikationen. Angegeben ist jeweils die Anzahl der Patienten.

3.3 Röntgenergebnisse

3.3.1 Präoperatives Röntgen und radiologische Winkelmaße

Von den 105 untersuchten Knick-Senk-Füßen lagen bei 89 Fällen präoperativ durchgeführte, standardisierte Röntgenaufnahmen unter Belastung vor. In 8 Fällen wurden die Röntgenaufnahmen ohne Belastung angefertigt und in 8 Fällen lagen die Röntgenaufnahmen zum Zeitpunkt der Studie nicht mehr vor. Die vorliegenden Röntgenaufnahmen wurden im Rahmen dieser Arbeit befundet. Dabei wurden der talocalcaneare Winkel im seitlichen Strahlengang, der Talo-Metatarsal-I-Winkel im seitlichen Strahlengang und der Talo-Matatarsalbasis-I-Winkel im a.p. Strahlengang bestimmt. Aus dem seitlichen Talo-Metatarsal-I-Winkel und dem a.p. Talo-Matatarsalbasis-I-Winkel wurde der Talo-Metatarsal-Index nach Prof. J. Hamel ermittelt (Hamel et al., 2006).

Der Mittelwert für den seitlichen talocalcanearen Winkel betrug in dem untersuchten Kollektiv $44,0^\circ (\pm 7,5^\circ)$. Der Talo-Metatarsal-I-Winkel im seitlichen Strahlengang betrug im Mittel $-25,4^\circ (\pm 11,5^\circ)$ und der antero-posteriore Talo-Matatarsalbasis-I-Winkel $-21,1^\circ (\pm 8,5^\circ)$. Somit betrug der mittlere Talo-Metatarsal-Index bei den 89 analysierten Fällen $-46,6^\circ (\pm 16,6^\circ)$ (**Tab. 3.3.1.1**).

	Winkelmaße im Gesamtkollektiv (n = 89)
Talocalcaneärer Winkel	44,0° (±7,5°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel	-25,4° (±11,5°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel	-21,1° (±8,5°)
Talo-Metatarsal-Index	-46,6° (±16,6°)

Tab. 3.3.1.1: Mittelwerte der präoperativen Fußwinkelmaße.

3.3.2 Vergleich von Patientenalter mit präoperativen Fußwinkelmaßen

Zur Frage, ob das Alter der Kinder eine Auswirkung auf die radiologischen Winkel hat, wurden zwei Gruppen gebildet. Die 89 Fälle wurden in die zwei gleichgroßen Gruppen der < 11 bzw. > 11 Jahre alten Kindern unterteilt (**Tab. 3.3.2.1**). Im jüngeren Patientenkollektiv wurde ein mittlerer talocalcaneärer Winkel von 44,5° (±7,4°), ein Talo-Metatarsal-I-Winkel von -24,9° (±9,1°) und ein Talo-Matatarsalbasis-I-Winkel von -21,4° (±8,3°) gemessen. Daraus ergab sich ein mittlerer Talo-Metatarsal-Index von -46,3° (±12,8°). Im Vergleich dazu zeigte die Gruppe der älteren Kinder in den Mittelwerten keine wesentlichen Abweichungen in den radiologischen Fuß-Winkelmaßen. In dieser Gruppe ergab sich ein mittlerer talocalcaneärer Winkel von 43,6° (±7,6°), ein Talo-Metatarsal-I-Winkel von -25,8° (±12,8°), ein Talo-Matatarsalbasis-I-Winkel von -20,9° (±8,6°) und ein Talo-Metatarsal-Index von -46,8° (±19,0°).

	Winkelmaße (< 11 Jahre)	Winkelmaße (> 11 Jahre)
Talocacaneärer Winkel	44,5° (±7,4°)	43,6° (±7,6°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel	-24,9° (±9,1°)	-25,8° (±12,8°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel	-21,4° (±8,3°)	-20,9° (±8,6°)
Talo-Metatarsal-Index	-46,3° (±12,8°)	-46,8° (±19,0°)

Tab. 3.3.2.1: Vergleich der präoperativen Fußwinkelmaße in zwei Altersgruppen.

3.3.3. Postoperatives Röntgen

Bei den postoperativen Kontrollen konnten in 72 Fällen standardisierte Röntgenaufnahmen der Kinderfüße erfolgen. Bei 27 Fällen lagen nur die direkt postoperativen oder die bei der ersten Kontrolluntersuchung durchgeführten Röntgenaufnahmen ohne Belastung vor. Bei 6 Fällen lagen keine postoperativen Röntgenaufnahmen vor.

3.3.4. Vergleich von prä- und postoperativen Fußwinkelmaßen

Bei 65 Füßen lagen sowohl prä- als auch postoperativ standardisierte Röntgenaufnahmen unter Belastung vor.

Durch die operative Behandlung der kindlichen Knick-Senk-Füße zeigte sich eine radiologisch quantifizierbare Verbesserung der Fußfehlstellungen (**Tab. 3.3.4.1**). Der talocalcaneare Winkel im seitlichen Strahlengang zeigte eine Reduktion der Mittelwerte von präoperativ $44,1^\circ (\pm 7,1^\circ)$ auf postoperativ $32,9^\circ (\pm 6,4^\circ)$. Der Talo-Metatarsal-Index wurde im Mittel durch die Arthrorise-Operationen um $34,5^\circ$ reduziert (prä: $-48,4^\circ$; post: $-13,9^\circ$ Talo-Metatarsal-I-Winkels um $18,4^\circ$ (prä: $-26,5^\circ$; post $-8,1^\circ$) bzw. des Talo-Metatarsalbasis-I-Winkels um $16,1^\circ$ (prä: $-21,8^\circ$; post: $-5,7^\circ$).

	Präoperativ	Postoperativ
Talocalcaneärer Winkel	$44,1^\circ (\pm 7,1^\circ)$	$32,9^\circ (\pm 6,4^\circ)$
Talo-Metatarsal-I-Winkel	$-26,5^\circ (\pm 11,8^\circ)$	$-8,1^\circ (\pm 9,0^\circ)$
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel	$-21,8^\circ (\pm 8,7^\circ)$	$-5,7^\circ (\pm 9,9^\circ)$
Talo-Metatarsal-Index	$-48,4^\circ (\pm 17,3^\circ)$	$-13,9^\circ (\pm 16,7^\circ)$

Tab. 3.3.4.1: Vergleich der prä- und postoperativen Fußwinkelmaße.

3.4 Achillessehnenverlängerung

3.4.1 Vergleich der radiologischen prä- und postoperativen Winkelmaße von Patientengruppen mit und ohne Achillessehnenverlängerung

In 23 von 65 radiologisch dokumentierten Fällen erfolgte eine Achillessehnenverlängerung (ASV) während der Arthrorise-Operation. Diese wurde durchgeführt, wenn während der Operation die Dorsalflexion der Füße im oberen Sprunggelenk aus Sicht des Operateurs nicht ausreichend möglich war. Bei den restlichen 42 Fällen wurde keine Achillessehnenverlängerung durchgeführt. In den folgenden Berechnungen wurde untersucht, ob zwischen der Achillessehnenverlängerung und den radiologischen Winkeln im seitlichen und a.p. Strahlengang sowie dem Talo-Metatarsal-Index ein Zusammenhang besteht.

Es zeigte sich, dass bei den Fällen mit Achillessehnenverlängerung die präoperativen radiologischen Winkel im Mittelwert eine stärkere Plattfußdeformierung aufwiesen, sowohl bei den seitlichen als auch anterioposterioren radiologischen Winkelmaßen. Postoperativ zeigten die Fälle mit Achillessehnenverlängerung im a.p. Strahlengang vergleichbare Maße im Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel gegenüber den Fällen ohne Achillessehnenverlängerung. Die Differenz zwischen den radiologischen Winkel hat sich postoperativ gegenüber präoperativ bei den Fällen mit Achillessehnenverlängerung zu den Fällen ohne Achillessehnenverlängerung folglich deutlicher verbessert. Die postoperativen Winkelmaße der Patientengruppe ohne Achillessehnenverlängerung wurden jedoch, außer im a.p. Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel, nicht von der Gruppe mit Achillessehnenverlängerung erreicht (**Tab. 3.4.1.1**).

	ASV	Keine ASV
Talocalcaneärer Winkel prä	47,4° (±7,7°)	41,1° (±7,4°)
Talocalcaneärer Winkel post	34,6° (±6,3°)	31,9° (±6,2°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel prä	-31,1° (±11,9°)	-24,0° (±10,9°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel post	-10,5° (±7,6°)	-6,8° (±9,5°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel prä	-24,1° (±8,7°)	-20,5° (±8,4°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel post	-5,6° (±10,9°)	-5,9° (±9,3°)
Talo-Metatarsal-Index prä	-55,3° (±14,4°)	-44,6° (±17,7°)
Talo-Metatarsal-Index post	-16,0° (±15,2°)	-12,7° (±17,3°)

Tab. 3.4.1.1: Vergleich der radiologischen Fußwinkel prä- und postoperativ mit und ohne Achillessehnenverlängerung (ASV).

Da die Patienten mit Achillessehnenverlängerung bereits präoperativ höhere Winkelmaße aufwiesen im Vergleich zu den Patienten ohne Achillessehnenverlängerung, wurde das Patienten-Kollektiv mit Achillessehnenverlängerung in zwei Gruppen (präoperativer TMT-Index < 55°; präoperativer TMT-Index > 55°) aufgeteilt. Dabei zeigten sich in der Gruppe mit Achillessehnenverlängerung und einem TMT-Index < 55° im Gegensatz zu der Gruppe ohne Achillessehnenverlängerung in allen präoperativen radiologischen Winkeln und auch am TMT-Index ungefähr gleich hohe Werte (**Tab. 3.4.1.2**). Postoperativ jedoch zeigte sich im a.p. Strahlengang in der Gruppe mit Achillessehnenverlängerung eine deutlichere Verbesserung der radiologischen Stellung des Talus zum Vorfuß, verglichen mit der Gruppe ohne Achillessehnenverlängerung. Da Patienten ohne Achillessehnenverlängerung im seitlichen Strahlengang eine Verbesserung der Talusstellung aufwiesen, war die Verbesserung in der Gruppe mit Achillessehnenverlängerung insgesamt im TMT-Index nur gering zur Gruppe ohne Achillessehnenverlängerung.

	ASV, TMTI < 55°	Keine ASV
Talocalcaneärer Winkel prä	42,6° (±6,9°)	41,1° (±7,4°)
Talocalcaneärer Winkel post	35,4° (±3,3°)	31,9° (±6,2°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel prä	-22,5° (±9,2°)	-24,0° (±10,9°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel post	-9,5° (±7,4°)	-6,8° (±9,5°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel prä	-21,2° (±9,6°)	-20,5° (±8,4°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel post	-1,0° (±12,1°)	-5,9° (±9,3°)
Talo-Metatarsal-Index prä	-43,7° (±8,5°)	-44,6° (±17,7°)
Talo-Metatarsal-Index post	-10,5° (±16,2°)	-12,7° (±17,3°)

Tab. 3.4.1.2: Vergleich radiologischer Winkelmaße von Patienten mit Achillessehnenverlängerung und einem TMT-Index (TMTI) < 55° mit Winkelmaßen der Patienten ohne Achillessehnenverlängerung.

3.4.2 Vergleich der radiologischen Winkelmaße nach Arthroriseoperation mit Achillessehnenverlängerung bei schwerem und leichten Knick-Senk-Fuß

Desweiteren wurde untersucht, ob die Achillessehnenverlängerung in Fällen mit radiologisch weniger ausgebildeten Plattfußwinkelmaßen eine andere Wirkung zeigt als bei den Fällen mit radiologisch stärker ausgeprägter Plattfußsymptomatik. Es wurden die 23 Fälle mit Achillessehnenverlängerung und vollständig standardisierter radiologischer prä- und postoperativer Diagnostik in zwei Gruppen halbiert (**Tab. 3.4.2.1**). Die erste Gruppe beinhaltete die Fußoperationen mit einem präoperativen Talo-Metatarsal-Index von weniger als 55°, die zweite Gruppe die Fälle mit größer oder gleich 55°. Wenn eine Achillessehnenverlängerung durchgeführt wurde, zeigte sich bei den Fällen mit schweren Knick-Senk-Füßen in den seitlichen Röntgenbildern besonders im Rückfußbereich eine deutlichere Verbesserung gegenüber den Fällen mit weniger schweren Plattfüßen. Der talocalcaneare Winkel verbesserte sich in der Gruppe mit einem präoperativen TMI > 55° um durchschnittlich 18° von

51,8° auf 33,8° und der Talo-Metatarsal-I-Winkel um 27,7° von 39° auf 11,3°. Der Talocalcaneare Winkel in der Gruppe < 55° verbesserte sich dagegen nur um 7,2° von 42,6° auf 35,2° und der Talo-Metatarsal-I-Winkel um 13° von 22,5° auf 9,5°. In der a.p. radiologischen Darstellung zeigte sich dagegen eine deutlichere Verbesserung der Winkelmaße in der Gruppe < 55° um durchschnittlich 20,2° gegenüber 17° in der Gruppe > 55°. Im TMT-Index wurde eine deutliche Verbesserung der radiologischen Werte erreicht, wenn die Achillessehnenverlängerung bei schwereren Deformitäten durchgeführt wurde im Vergleich zu den Fällen mit weniger starken Deformitäten. Insgesamt waren die ermittelten Daten jedoch nicht signifikant.

	ASV TMTI < 55°	ASV TMTI ≥ 55°
Talocalcaneare Winkel prä	42,6° (±6,9°)	51,8° (±5,6°)
Talocalcaneare Winkel post	35,4° (±3,3°)	33,8° (±8,1°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel prä	-22,5° (±9,2°)	-39,0° (±8,0°)
Talo-Metatarsal-I-Winkel post	-9,5° (±7,4°)	-11,3° (±7,6°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel prä	-21,2° (±9,6°)	-26,8° (±6,7°)
Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel post	-1,0° (±12,1°)	-9,8° (±7,6°)
Talo-Metatarsal-Index prä	-43,7° (±8,5°)	-65,8° (±9,8°)
Talo-Metatarsal-Index post	-10,5° (±16,2°)	-21,1° (±12,2°)

Tab. 3.4.2.1: Vergleich der prä- und postoperativen radiologischen Fußwinkelmaße bei Arthrorise mit Achillessehnenverlängerung bei leichtem und schwerem Knick-Senk-Fuß. TMTI = TMT-Index

4. DISKUSSION

In der vorliegenden Arbeit wurden die Behandlungsergebnisse beim kindlichen Pes planovalgus durch das Operationsverfahren der Arthrorise über einen mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 32 Monaten analysiert. Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit wurden mit Ergebnissen aus vergleichbaren Studien bzw. Studien, bei denen alternative Operationsverfahren analysiert wurden, verglichen. Die Arthrorise mit der Kalix-Schraube ist eine sehr gute, minimal-invasive Operationstechnik zur operativen Therapie des flexiblen Pes planovalgus, bei der jedoch auch Komplikationen im Sinne von Schraubendislokationen und Impingementsyndromen auftreten können.

4.1 Diagnostik und Behandlung des juvenilen Pes planovalgus

Die Behandlung des kindlichen Pes planovalgus setzt zunächst eine gute Diagnostik voraus. Wichtigster Bestandteil der Diagnostik ist eine klinische Untersuchung und Anamnese, die sich in regelmäßigen Zeitabständen wiederholt. Bei frühzeitig als pathologisch zu erkennenden, meist rigiden Plattfüßen ist eine radiologische Zusatzdiagnostik (Röntgen, NMR) notwendig. Bei flexiblen Knick-Senk-Füßen können zur weiteren Diagnostik und zur Überprüfung und Dokumentation der Fußentwicklung Podogramme hilfreich sein. In der Regel werden Röntgenaufnahmen nur zur Vorbereitung einer operativen Therapie notwendig. Die Röntgenaufnahmen sollten dann standardisiert unter Belastung in zwei Ebenen erfolgen.

Ob eine konservative oder operative Behandlung notwendig wird, ist von der Unterscheidung in physiologische oder pathologische Knick-Senk-Füße abhängig. Alle Kinder haben nach der Geburt Plattfüße. Dieser physiologische Zustand sollte sich in der weiteren Entwicklung bis zum 6.-10. Lebensjahr zurückbilden. Volpron et al. haben in einer Untersuchung mittels Podogrammen nachgewiesen, dass die Fußabdrücke von Kindern im 5.-6. Lebensjahr denen von erwachsenen, gesunden Menschen entsprechen sollten (Volpron et al, 1994). Andere Studien zeigten eine Häufigkeit von Plattfüßen bei zehnjährigen Kindern von 4% (Gould N, 1989; Bertani A, 1999).

Pathologische rigide Plattfüße, wie der Talus vertikalis, werden normalerweise bereits kurz nach der Geburt aufgrund der massiven Fußfehlstellung diagnostiziert. Weitere kontrakte Plattfüße, meistens handelt es sich um knöcherne Verbindungen zwischen den Fußknochen, treten erst später auf und können mittels radiologischer Diagnostik von anderen Plattfußformen unterschieden werden. Eine Unterscheidung der flexiblen Knick-Senk-Füße in physiologische, symptomlose oder pathologische Plattfüße ist für eine Behandlungsentscheidung notwendig. Der pathologische Knick-Senk-Fuß ist durch eine dauerhaft schmerzende Fehlstellung charakterisiert, der im Erwachsenenalter zu degenerativen Schäden führen kann. In jedem Fall sollten beim flexiblen Pes planovalgus zunächst konservative Behandlungsmaßnahmen erfolgen. Bei leichten Plattfußformen sollte häufiges Barfußlaufen und spielerische Fußgymnastik zur Stärkung der Bandstrukturen empfohlen werden. Rao et al. zeigten in Untersuchungen, dass bereits das Tragen von Schuhen einen negativen Einfluss auf die Entwicklung des Fußgewölbes hat (Rao et al., 1992) und Jani et al. konnten bei leichten Plattfußformen eine negative Entwicklung des Fußgewölbes durch Einlagenversorgung nachweisen (Jani et al., 1986). Ausgeprägte Knick-Senk-Füße mit einer Verlagerung der Hauptbelastung über die mediale Fußsohle, sollten nach Bleck et al. jedoch durch eine Einlagenversorgung mit medialer Unterstützung des Fußgewölbes und eine Varisierung der Ferse versorgt werden (Bleck et al., 1977). Die konservative Therapie bei neurogen bedingten flexiblen Knick-Senk-Füßen richtet sich nach der Muskelpastizität und besteht in Dehnungsübungen und Einlagenversorgung oder Anlage von Orthesen (Hefti et al., 1999). Auch schmerzhaft Knick-Senk-Füße müssen nicht zwingend operativ behandelt werden, da die Schmerzen auch durch das Knochenwachstum bedingt sein können. Vor operativer Therapie des kindlichen Knick-Senk-Fußes sollte ein mindestens halbjährig konservativer Behandlungsversuch erfolgen.

4.2 Operative Therapie des juvenilen Pes planvalgus

Erste operative Behandlungen des Pes planovalgus durch Transplantation von Sehnen und Ligamenten zur Verstärkung der Bandstrukturen am medialen Fußrand wurden in der erste Hälfte des 20. Jahrhunderts entwickelt (Ryerson et al. 1909; Legg et al., 1912; Lowman et al., 1923; Young et al., 1939). Isolierte mediale Weichteiloperationen wiesen jedoch eine hohe Rezidivrate auf.

Grice entwickelte Anfang der fünfziger Jahre eine Arthrodesse des subtalaren Gelenkes durch Implantation eines aus der Tibia gewonnenen Knochenspanns in den Sinus tarsi, zunächst für juvenile durch Poliomyelitis verursachte Plattfüße (Grice et al., 1952). Die Indikation wurde später, manchmal abgewandelt durch z.B. Entnahme des Knochenspanns aus der Fibula oder dem Beckenkamm und auch auf andere Ursachen bis zum ideopathischen Plattfuß erweitert. Als postoperative Komplikationen wurden Spanresorptionen in durchschnittlich 20% und Degenerationen der benachbarten Gelenke in ca. 15% beschrieben (Meystre et al., 1979, Giannestras et al., 1980, Wrenger et al., 2006). Osteotomien des Rückfußes zur Behandlung von Knick-Senk-Füßen wurden ebenfalls seit Mitte des zwanzigsten Jahrhunderts entwickelt. Die bekannteste und heute noch angewendete Osteotomie ist die Kalkaneusverlängerung nach Evans, bei der ein Knochenspan in Höhe des Sinus tarsi eingesetzt wird, der die Abkipfung des Talus verhindert und die Ferse variiert (Evans et al., 1975).

Arthrodesen und Osteotomien sind aufwendige Operationsverfahren, nicht reversibel und weisen oft hohe Komplikationsraten auf. Die Verkippung des Talus nach medial über Verblockung des subtalaren Gelenkes durch ein Implantat im Sinus tarsi hat in den vergangenen fünfzig Jahren zur Entwicklung des minimal-invasiven Operationsverfahren der Arthrorise geführt. Zunächst wurden nicht fixierte Knochenspäne als Implantat verwendet (Haraldsson et al., 1965; LeLievre et al., 1970). Seit 1970 wurden Arthrorise-Verfahren mit Spongiosaschrauben als Kalkaneus-Stop-Schraube eingesetzt. Ebenfalls seit 1970 wurden verschiedenen Sinus tarsi-Spacer aus Kunststoff und Metall zur Arthrorise-Operation bei Pes planovalgus entwickelt.

4.3 Minimal-invasive Operationsmethoden zur Behandlung des Pes planovalgus

In den letzten Jahren wurden unterschiedliche Verfahren der Arthrorise zur Korrektur des kindlichen Plattfußes beschrieben. Die Ergebnisse dieser Studien dienten einer abschließenden Beurteilung der in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über die Arthrorise mit dem Kalix-Schrauben Implantat.

4.3.1 Calcaneus-Stop-Schraube

Die Kalkaneus-Stop-Schraubenarthrorise wurde 1970 von Alvarez beschrieben und 9 Jahre später von Burutan et al. veröffentlicht (Burutan et al., 1979). De Pellegrin et al. berichteten über eine 15-jährige Erfahrung mit der Kalkaneus-Stop-Schraubenimplantation in 226 Fällen. Indiziert ist aus seiner Sicht diese operative Therapie bei Kindern mit flexiblem Knick-Senk-Fuß im Alter zwischen 6 und 13 Jahre. In den Studienergebnissen zeigten sich gute Erfolge, das heißt eine Verbesserung des klinischen Erscheinungsbildes, Verbesserung der radiologischen Parameter, keine Komplikationen und eine Normalfunktion des Fußes innerhalb von 3 Monaten in 95,4% der Fälle. Bei den restlichen 4,6% lagen schlechte Ergebnisse vor. Wie lange der Nachuntersuchungszeitraum war, wurde in der Studie nicht genannt. Außerdem wurden nur etwa 5% der Fälle radiologisch nachuntersucht. De Pellegrin sieht die Vorteile der Kalkaneus-Stop-Schraubenimplantation in der minimal-invasiven, leicht erlernbaren Technik ohne die Gelenkverhältnisse und den Sinus tarsi irreversibel zu schädigen (De Pellegrin et al., 2005).

Jerosch et al. implantierten bei 22 flexiblen, juvenilen Plattfüßen eine Kalkaneus-Stop-Schraube. In der Nachuntersuchung zeigten sich bei den Patienten als Komplikation in 10% eine subjektive Einschränkung des täglichen Lebens. Der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel wurde durch die Operation von 18° präoperative auf 6° postoperativ korrigiert (Jerosch J, 2009).

Verheyden et al. fanden dagegen in einer Untersuchung bei 45 Kalkaneus-Stop-Schraubenimplantationen eine hohe Komplikationsrate. Postoperative Schmerzen über einen längeren Zeitraum zeigten sich in 38% der Fälle. Zehn-

mal kam es zu einer Luxation oder Subluxation der Schraube mit postoperativen Schmerzen. Alle Luxationen wurden revidiert. Bemerkenswert in dieser Studie ist die trotz der hohen Komplikationsrate mit 79% hohe Zufriedenheitsrate der Patienten. Einundzwanzig Prozent der Patienten waren unzufrieden und würden die operative Behandlung nicht weiter empfehlen (Verheyden et al., 1997).

Roth et al. implantierten die Spongiosa-Schraube minimalinvasiv im Sinus tarsi in den Talus. In einer Studie mit 94 kindlichen, flexiblen Knick-Senk-Füßen zeigten sich in 12% der Fälle postoperative Komplikationen, 9 Schraubenbrüche und 2 fehlpositionierte Schraubenlagen. Laut der Studie waren 91,5% der Patienten mit dem Ergebnis zufrieden oder sehr zufrieden, 8,5% waren mit dem Operationsergebnis nicht zufrieden. Der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel verbesserte sich postoperativ um circa 18° (von 18° auf 0°) (Roth et al., 2007).

4.3.2 Gianini-Arthrorise

Villani et al. untersuchten im Zeitraum von 1990 bis 1998 achtzig Patienten mit idiopathischem Pes planovalgus. Vierzig Patienten wurden einer Gianini-Arthrorise und weitere vierzig Patienten einer Kalkaneus-Stop-Schrauben-Implantation unterzogen. Die präoperative Einteilung der Plattfußdeformität erfolgte in leicht, mittelschwer und schwer. Die klinischen, radiologischen und funktionellen Ergebnisse wurden in gut, zufrieden stellend und schlecht klassifiziert. Die präoperativen Befunde waren bei Patienten, die eine Kalkaneus-Stop-Schraube erhielten, etwas weniger schwer (13 leicht, 19 mittelschwer, 8 schwer) im Vergleich zu den Gianini-Arthrorise-Patienten (6 leicht, 18 mittelschwer, 16 schwer). Die postoperativen Ergebnisse zeigten sich in beiden Gruppen nahezu gleich. Nach der Kalkaneus-Stop-Schrauben-Implantation wurden 29 gute, 8 zufriedenstellende und 3 schlechte Ergebnisse erzielt. Die Gianini-Arthrorise-Gruppe ergab 25 gute, 12 zufriedenstellende und 3 schlechte Resultate. In beiden Gruppen mussten jeweils zwei Patienten revidiert werden. Zusammenfassend wurden beide Methoden als wenig invasiv und leicht durchführbar bewertet. Die Autoren empfehlen die Kalkaneus-Stop-

Operation bei Kindern mit leichteren Formen des Knick-Senk-Fußes zwischen 8 bis 12 Jahren und die Arthrorise bei älteren Kindern und Erwachsenen (Villani et al., 2003).

Giannini et al. konnten bei 22 Kindern nach Arthrorise mit dem bioresorbierbaren Giannini-Implantat gute postoperative Ergebnisse nachweisen. Die Autoren kombinierten die Schrauben-Implantation in 6 Fällen mit einer Achillessehnenverlängerung und in 12 Fällen mit einer medialen Versetzung der Tibialis posterior-Sehne. Von zwei Patienten wurden postoperative Schmerzen über dem Implantat angegeben. Es zeigte sich in allen Fällen eine klinische, podographische und radiologische Verbesserung der Plattfüße (Giannini et al., 2001).

Gutierrez et al. führten die Arthrorise mit dem nichtresorbierbaren Giannini-Implantat in 66 Fällen durch, in 59% der Fälle kombiniert mit einer Achillessehnenverlängerung. In dieser Studie zeigten 27% der Patienten postoperative, in den ersten 4 Monaten regrediente, und in 6% der Patienten persistierende Schmerzen. Bei den Patienten mit persistierenden Schmerzen wurden die Füße schließlich revidiert. Insgesamt gaben die Autoren in 10,7% der Fälle postoperative Komplikationen an (Gutierrez et al., 2005).

4.3.3 Viladot-Implantat

Viladot veröffentlichte 1992 die Ergebnisse von 234 Kindern mit Plattfüßen nach der von ihm entwickelte Viladot-Operation. Dabei wurde über einen medialen und lateralen Zugang am Fuß eine mediale Ligamentraffung und eine Verbindung der Sehnen Musculi tibialis anterior und posterior durchgeführt sowie die Silastic-Endothese in den Sinus tarsi eingebracht. Er berichtete über sehr gute Ergebnisse. Es zeigten sich unmittelbar nach der Operation klinische Verbesserungen der Fußstellung, die sich in der folgenden Zeit weiterentwickelten. Auch eine Verbesserung der radiologischen Fußwinkel wurde erzielt. In den Podogrammuntersuchungen konnten bei 55,5% der operierten Kinder ein normaler und bei 43,7% eine Verbesserung des Fußabdruckes erreicht werden. Nur in 0,8% der Fälle veränderte sich der Plattfußabdruck nicht. Als postoperative Komplikationen konnten 8

oberflächliche und eine tiefe Wundinfektionen, sowie in 7 Fällen eine Kontraktur der Peronealsehnen beobachtet werden. Zwei Endothesen mussten entfernt werden (Viladot et al., 1992).

Carrenza-Bencano et al. berichteten in einer Studie über 77 Arthrorisen mit dem weinglasförmigen Viladot-Implantat beim kindlichen Pes planovalgus. In die Beurteilung gingen klinische und radiologische Parameter und Podogramm-Untersuchungen ein. Achtundfünfzig Prozent zeigten ein exzellentes Ergebnis, 30% ein gutes Ergebnis, das heißt laut der Autoren einen guten klinischen Befund bei etwas unterkorrigiertem radiologischen und podographischen Ergebnis. Bei 3% lag ein weniger zufriedenstellendes Ergebnis vor. Diese Patienten mussten aufgrund der postoperativen Unterkorrektur Schuheinlagen tragen. Neun Prozent zeigten ein schlechtes Ergebnis. Darunter waren 5 Fälle mit Überkorrektur des Plattfußes und 2 Fälle, bei denen das Implantat dislozierte (Carrenza-Bencano et al., 1997).

Eine weitere Studie berichte über 45 Viladot-Operationen mit der Silastic Endorthese. In den Nachuntersuchungen zeigten sich 88,7% gute und sehr gute Ergebnisse und 11,2% weniger gute und schlechte Ergebnisse. Als Komplikationen traten Rezidive durch Implantatbrüche, Bewegungseinschränkungen und Kontrakturen im oberen und unteren Sprunggelenk sowie Narbenprobleme auf (Viladot-Voegeli et al., 1993).

Black et al. konnten in einer Studie über 22 Viladot-Arthrorise bei kindlichen Plattfüßen die guten Ergebnisse von Viladot et al. und Carrenza-Bencano et al. nicht bestätigen. Nur 32% zeigten eine klinische und jeweils 14% eine radiologische und podographische postoperative Verbesserung der Fußdeformität. Dreiundsiebzig Prozent der Patienten klagten über postoperative Schmerzen bei Belastung, die in 36% zu einer Entfernung des Implantats zwangen (Black et al, 2000).

4.3.4 MBA-Spacer

In einer Studie von Nelson et al. fanden sich nach Arthrorise mit einem MBA-Spacer bei flexiblem Pes planovalgus in 5% Dislokationen des Spacers. In

diesen Fällen wurde eine Reimplantation mit zufriedenstellendem Ergebnis durchgeführt. In 5% der Fälle zeigten sich postoperative Schmerzen im Sinus tarsi. Laut der Autoren handelte es sich bei den postoperativen Schmerzen um Sinus tarsi-Syndrome durch Impingement von Weichteilen (Nelson et al., 2004).

4.3.5 Kalix-Schrauben

Viladot et al. berichten über erste Ergebnisse mit dem Kalix-Implantat in der Behandlung von adulten Plattfüßen bei Tibialis posterior-Syndrom. Einundzwanzig Patienten wurden mittels Arthrorise mit dem Kalix-Implantat und einer Sehnennaht bzw. Sehnenrefixation des Musculus tibialis posterior behandelt. Neunzehn Patienten konnten nachuntersucht werden. Siebzehn der 19 Patienten waren mit dem Operationsergebnis zufrieden oder sehr zufrieden, 2 Patienten waren unzufrieden. Drei der 19 Patienten würden die Operationsmethode mit dem Kalix-Implantat nicht weiter empfehlen, bei 2 dieser Patienten mussten die Kalix-Schrauben entfernt werden (Viladot et al., 2003).

Poschmann et al. berichteten über die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat in 73 Fällen bei Kindern mit spastischem Knick-Senk-Füßen. Die Nachuntersuchungszeit betrug ein halbes Jahr. Aufgrund der teilweise bestehenden Muskelverkürzungen mussten die Arthrorisen in 28 Fällen mit einer muskulären Verlängerungsoperation nach Strayer, in 5 Fällen mit einer Verlängerung der Peronealsehnen und in 24 Fällen mit beiden Verfahren kombiniert werden. Es kam zu drei Kalix-Schrauben-Dislokationen. In zwei dieser Fälle wurde die Schraube kurzfristig reimplantiert und eine Schraube wurde explantiert. Alle Kinder waren sechs Wochen nach dem Eingriff unter Vollbelastung beschwerdefrei. Die Autoren kamen zu der Schlussfolgerung, dass die Arthrorise mittels Kalix-Schraube ein effektives Verfahren des spastischen Knick-Senk-Fußes mit der Möglichkeit der sofortigen Vollbelastung darstellt (Poschmann et al., 2007).

Schröder et al. untersuchten die Ergebnisse über einen durchschnittlichen Zeitraum von 18 Monaten nach Arthrorise mit dem Kalix-Implantat bei Kindern mit flexiblen Plattfüßen, überwiegend mit infantiler Cerebralparese. Aufgrund

der Grunderkrankungen wurden die Arthrorisen häufig mit anderen Operationen kombiniert (Schröder et al, 2006). In 10% der Fälle konnten keine Nachuntersuchungen stattfinden. Es traten bei 8,8% der Patienten Schraubendislokationen auf. In 80% der Fälle waren die Patienten mit dem Ergebnis zufrieden, 10% waren unzufrieden. Die Schmerzsymptomatik konnten bei 80% der operierten Kinder verbessert werden, bei 10% änderte sich die Beschwerdesymptomatik nicht. Der seitliche talocalcaneare Winkel änderte sich in der Röntgendiagnostik im Durchschnitt um 11°.

Kuhn et al. fanden nach Arthrorise mit dem Kalix-Implantat bei 20 flexiblen Plattfüßen eine Schraubendislokation (5%) und einmal postoperative, revisionsbedürftige Schmerzen (5%) (Kuhn et al., 2010).

Wenger et al. verglichen im Rahmen einer Promotionsarbeit die postoperativen Ergebnisse nach Arthrorise mit einer Kalix-Schraube und nach Arthrodeese nach Grice bei jeweils 21 Patienten mit kindlichem Pes planovalgus. In mehr als 70% der Fälle lag bei den Kindern als Grunderkrankung eine ideopathische Cerebralsklerose vor. In der Grice-Arthrodeese-Gruppe zeigte sich eine subjektive, postoperative Zufriedenheit der Patienten von 84% und in der Arthrorise-Gruppe eine postoperative Zufriedenheit von 73%. In der Arthrodeese-Gruppe zeigte sich als postoperative Komplikation bei 20% der operierten Kinder eine Resorption des Arthrodesespans und bei 13% lagen degenerative Veränderungen an den Fußgelenken vor. Nach objektiven Parametern (radiologische und klinische Untersuchung, Podogramm) wurde die Grice-Arthrodeese bei 75% der Patienten als erfolgreich bewertet, zwischen Patienten mit ideopathischer Cerebralsklerose und nicht paralytischen Patienten war kein Erfolgsunterschied festzustellen. Nach den Kalix-Implantationen traten in 5 Fällen (23,8%) Schraubendislokationen auf. Alle dislozierten Schrauben wurden entfernt. Eine Kalix-Schraube wurde aufgrund von Schmerzen entfernt. Insgesamt zeigten sich in 40% der Fälle postoperative Schmerzen und in 30% ein postoperatives Instabilitätsgefühl. Die Autoren bewerteten die Arthrorise-Operation nach objektiven Kriterien in nur 36,9% als erfolgreich. Patienten mit ideopathischer Cerebralsklerose wiesen eine schlechtere

Erfolgswahrscheinlichkeit auf im Vergleich zu Patienten mit ideopathischem Knick-Senk-Fuß (Wenger et al., 2006).

4.4 Diskussion der Studienergebnisse

Die subtalare Arthrorise mit dem Kalix-Implantat ist ein minimal-invasives Operationsverfahren zur Behandlung des kindlichen Knick-Senk-Fußes. Es können postoperative Komplikationen in Form von Schraubendislokationen, postoperativen Schmerzen über dem Sinus tarsi (Impingement-Syndrom) und unzureichende Fußstellungskorrekturen auftreten.

4.4.1 Dislokationen

In der vorliegenden Studie mit einem Nachbeobachtungszeitraum von 32,3 Monaten trat eine Dislokation des Schrauben-Implantats in 8 von 105 Fällen (7,6%) auf. In zwei Fällen zeigte sich die Luxation der Schraube bereits kurzfristig, 4 bzw. 5 Monate nach der Operation. Die übrigen Schraubendislokationen wurden in einem Zeitraum von 11 bis 47 Monaten nach der Implantation diagnostiziert. In allen Fällen lag klinisch und radiologisch trotz der Schraubendislokation bereits eine Rückbildung des Knick-Senk-Fußes vor. Aufgrund der Herstellerempfehlung, die Schraube erst nach Ende des Knochenwachstums zu entfernen, wurden alle Fälle mit dislozierten Schrauben revidiert und eine neue Schraube in den Sinus tarsi eingesetzt. Auch andere Anwender des Kalix-Implantates berichten über Schraubendislokationen. Kuhn et al. berichten über 5% Dislokationen bei flexiblen, kindlichen Knick-Senk-Füßen (Kuhn et al., 2010). Schröder et al. und Wenger et al. führten die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat bei flexiblen Plattfüßen hauptsächlich bei Kindern mit ideopathischer Cerebralklerose durch. In diesen Studien zeigten sich Dislokationsraten von 8,8% bzw. 23,8% (Schröder et al., 2006; Wenger et al., 2006). Luxationen von anderen Implantaten zur Arthrorise des subtalaren Gelenkes sind laut Literaturangaben seltener. So berichteten Nelson et al. bei der Verwendung des MBA-Implantats über eine Luxationshäufigkeit von 5% in einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 18,4 Monaten. In einer prospektiven Studie mit kürzerer Nachuntersuchungszeit von Maxwell et al.

luxierte 1 von 27 (3,7%) implantierten MBA-Spacern (Maxwell et al., 1998). Gründe für die geringere Luxationsrate beim MBA-Implantat können das gewindeförmige Design, die Materialflexibilität aber auch kürzere Nachbeobachtungszeiträume sein. Gutierrez et al. fanden bei 66 Arthrorisen und Giannini et al. in 22 Fällen mit dem nicht resorbierbaren Giannini-Implantat keine Luxationen (Gutierrez et al., 2005, Giannini et al., 2001). Auch das weinglasförmige Viadot-Implantat disloziert aufgrund seiner medialen Verankerung seltener. Viladot et al. fanden bei 234 Fällen keine Luxation, Carrenza-Bencano et al. bei 77 Arthrorise mit dem Viladot-Implantat 2 postoperative Luxationen (Viladot et al., 1992; Carrenza-Bencano et al., 1997). In einer Studie von Viladot-Voegeli und Kollegen über 45 Arthrorise-Operationen mit dem Viladot-Implantat zeigte sich lediglich bei einem Patienten postoperativ ein Implantatbruch (Viladot-Voegeli et al., 1993). Die Arthrorise mit der Kalkaneus-Stop-Schraube weist durch die Verankerung im Kalkaneus ebenfalls selten Luxationen auf. So geben De Pellegrin et al. und Jerosch et al. in ihren Studien mit 226 bzw. 22 Fällen an, dass keine Schraubenluxationen auftraten (De Pellegrin et al., 2005; Jerosch et al., 2009). Verheden et al. zeigten in 22% der Operationen mit der Kalkaneus-Stop-Schraube postoperative Luxationen und Roth et al. fanden bei 94 der untersuchten Fälle 9 Schraubenbrüche und 2 fehlpositionierte Schrauben (Verheyden et al., 1997; Roth et al., 2007).

Auffallend ist in der vorliegenden Untersuchung die signifikant erhöhte Schraubenluxationsgefahr ($p < 0,05$, Fischer-Exact-Test), wenn das Kalixschrauben-Implantat bei jüngeren Patienten eingesetzt wurde. In den 30 Fällen, bei denen die Kinder zum Zeitpunkt der Arthrorise jünger als 10 Jahre waren, luxierte die Schraube 5-mal (16,7%), in den übrigen 75 Fällen (Kinder älter 10 Jahre) dagegen 3-mal (4,1%). In der Literatur wird die operative Therapie des kindlichen, flexiblen Knick-Senk-Fußes ab einem Alter von 8 bis 10 Jahren empfohlen (Hefti et al., 1999). Operative Maßnahmen sollten erst erfolgen, wenn konservative Maßnahmen keine Korrektur der Fußdeformitäten erreichen (De Pellegrin et al., 2005). Aus den Daten der Literatur lassen sich jedoch keine weiteren und eindeutigen Hinweise auf ein erhöhtes Dislokationsrisiko bei jüngeren Patienten finden. Kuhn et al. führten die Kalix-

Arthrorise beim kindlichen, flexiblen Plattfuß im Alter zwischen 10-17 Jahre durch und fand 5% Schraubenluxationen (Kuhn et al., 2010). Schröder et al. fanden in Ihrer Studie bei Kindern zwischen 5 bis 18 Jahren 8,8% und Wenger et al. bei Kindern zwischen 6 bis 14 Jahre 23,8% Schraubenluxationen (Schröder et al., 2006; Wenger et al., 2006).

Zusammenfassend deuten die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf ein erhöhtes Vorkommen von Schraubenluxationen bei Patienten unter 10 Jahren hin. Weitere, detaillierte Untersuchungen sind jedoch notwendig, um diese Aussage zu bestätigen. Hier kann allenfalls die Empfehlung ausgesprochen werden, die Arthrorise mit dem Kalix-Implantat erst ab dem 10. Lebensjahr einzusetzen. Hervorzuheben ist allerdings auch, dass die Komplikation der Schraubenluxation trotz der notwendigen Revision mit erneuter Implantation nicht zwingend zu einer Unzufriedenheit der Patienten führen muss. Fünzig Prozent der Fälle mit dislozierten Schrauben waren abschließend mit dem Ergebnis der Arthrorise sehr zufrieden.

4.4.2 Postoperative Schmerzen

In 12 Fällen (11,4%) führte das Kalix-Implantat zu postoperativen Schmerzen. Diese postoperative Komplikation wird in der Literatur bei allen Arthrorise-Verfahren mit einer Häufigkeit von 5-73% beschrieben (Black et al., 2006, Gutierrez et al., 2005, Nelson et al., 2004). Als Ursache für die Schmerzen haben Dockery et al. den Druck des Implantats auf das umgebende Weichteilgewebe angesehen (Dockery et al., 1999). Nelson et al. bezeichneten die postoperativen Schmerzen als Sinus tarsi-Syndrom (Nelson et al., 2004). In den wenigen Studien über das Kalix-Implantat wird die Häufigkeit von postoperativen Schmerzen mit 0-40% angegeben (Porschmann et al., 2007, Viladot et al., 2003, Schröder et al., 2006, Kuhn et al., 2010, Wenger et al., 2006). Auch bei den Arthrorise-Verfahren mit Spongiosaschrauben treten postoperativ Schmerzen über dem Sinus tarsi auf. In der Studie von Verheyden et al. zeigten sich Schmerzen über einen längeren Zeitraum in 38% der untersuchten Fälle (Verheyden et al., 1997). Jerosch et al. fanden als

Komplikation bei 10% der Patienten eine subjektive Einschränkung des täglichen Lebens (Jerosch et al., 2009).

In der vorliegenden Studie führte das Auftreten von postoperativen Schmerzen bei 50% der Fälle zu einer vorzeitigen Entfernung des Kalix-Implantats. Die Kinder mit Impingement-Syndrom waren in der Mehrzahl nicht zufrieden, insbesondere da bei 5 der 12 Fälle die Plattfüße vor der Arthrorise-Operation nicht geschmerzt hatten. Bei einigen Kindern lagen die Schmerzen nicht dauerhaft vor, sondern äußerten sich nur bei sportlichen Aktivitäten. So klagte ein Mädchen über die Beschwerden beim Ballett-Training. Das Auftreten von postoperativen Schmerzen ist in der vorliegenden Studie unabhängig von dem Alter der Kinder zum Operationszeitraum und der Größe der implantierten Schrauben.

4.4.3 Rezidive

In der vorliegenden Studie kam es zu einer unzureichenden Korrektur der Plattfüße in zwei Fällen (1,9%). Beide Knick-Senk-Füße waren rigide. Im ersten Fall kam es nach Resektion der Coalitio talocalcaneare zu einem direkt postoperativen Rezidiv der Coalitio und somit zur erneuten Kontraktur der Fußform. Nach Revision kam es nachfolgend zu einer klinisch guten Fußstellung. Die Resektion der Coalitio ist im ersten Fall wahrscheinlich nicht vollständig durchgeführt worden, so dass es zu dem direkten Rezidiv kam. Im zweiten Fall war vor der Arthrorise mit der Kalixschraube bereits eine Arthrodesse des Knick-Senk-Fußes nach Grice durchgeführt worden. Diese Arthrodesse führte zu einer schmerzhaften Kontraktur im subtalaren Gelenk. Die Resektion der Arthrodesse und die Kalix-Schrauben-Implantation führte letztlich ebenfalls nicht zu einer Verbesserung der Fußstellung.

4.4.4 Röntgen

In der Studie lagen präoperativ in 89 (85%) Fällen sowie prä- und postoperativ in 65 (62%) Fällen standardisierte Röntgenaufnahmen der Füße in zwei Ebenen unter Belastung vor. Aus den Röntgenaufnahmen wurden zur Errechnung des

Talo-Metatarsal-Index nach Prof. Hamel der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel und der a.p. Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel ermittelt. Ausserdem wurde der seitliche talocalcaneare Winkel gemessen.

Der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel ist in der Literatur ein anerkannter Winkel zur Beurteilung von Plattfußdeformitäten. Younger et al. konnten die Signifikanz dieses Winkels in der Diagnostik des adulten Plattfußes nachweisen (Younger et al., 2005). Normwerte bei Kindern ohne Fußdeformitäten werden in einer Studie von Vanderwilde et al. bei 74 Kindern im Alter von 6 bis 127 Monaten angegeben. Die Autoren zeigten einen Rückgang des Talo-Metatarsal-I-Winkels von durchschnittlich 18° bei Neugeborenen auf 7° bei den ältesten Kindern (Vanderwilde et al., 1988). In der vorliegenden Untersuchung zeigte sich in den 89 präoperativ standardisiert durchgeführten Röntgenaufnahmen ein durchschnittlicher Talo-Metatarsal-I-Winkel von $25,4^\circ (\pm 11,5)$. Der Vergleich der Altersgruppen jünger und älter als 11 Jahre ergab keine Unterschiede im präoperativen Talo-Metatarsal-I-Winkel (<11 Jahre: $24,9^\circ \pm 9,1$; >11 Jahre: $25,8^\circ \pm 12,8$). Hamel et al. fanden in einem Patientenkollektiv von 15 Kindern mit Knick-Senk-Füßen im Alter zwischen 7 und 11 Jahren einen Durchschnittswert für den Talo-Metatarsal-I-Winkel von $29,1^\circ$ und in einem Kollektiv von Kindern zwischen 10 und 14 Jahren von $28,9^\circ$. Chen et al. ermittelten bei 32 taiwanesischen Kindern mit Knick-Senk-Fuß im Alter von 7 bis 13 Jahren einen Talo-Metatarsal-I-Winkel von $13,9^\circ$.

Die vorliegende Studie konnte eine Verbesserung des Talo-Metatarsal-I-Winkels nach Arthrorise mit dem Kalix-Implantat nachweisen. Bei den 65 Fällen reduzierte sich das Winkelmaß von $26,5^\circ \pm 11,8$ auf $8,1^\circ \pm 9,0$. Damit konnten die Talo-Metatarsal-I-Winkelmaße von gesunden Kinderfüßen nach Vanderwilde et al. erreicht werden (Vanderwilde et al., 1988). Auch Jerosch et al. konnten nach Arthrorise mittels Kalkaneus-Stop-Schrauben bei 21 Kindern mit Pes planovalgus eine Rückgang des Talo-Metatarsal-I-Winkels von präoperativ 18° auf postoperativ 6° beobachten (Jerosch et al., 2009).

Der Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel und der Talo-Metatarsal-Index wurden zur Erfassung der Planovalgus-Deformität in der seitlichen und der a.p. Ebenen von Prof. Hamel entwickelt. Hamel et al. fanden in den oben genannten zwei

Patientenkollektiven bei Kindern mit Pes planovalgus im Alter zwischen 7 und 11 Jahren bzw. 10 und 14 Jahren Werte für den Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel von durchschnittlich $-22,3^\circ$ bzw. $-21,9^\circ$ und in Addition mit den Talo-Metatarsale-I-Winkeln (mit negativen Vorzeichen) einen Talo-Metatarsal-Index von durchschnittlich $-51,5^\circ$ bzw. $-50,7^\circ$ (Hamel et al., 2006). In der vorliegenden Studie zeigte sich in den 89 Fällen, in denen präoperativ standardisierte Röntgenaufnahmen vorlagen, ein Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel von $-21,1^\circ \pm 8,5$ und ein Talo-Metatarsal-Index von $-46,6^\circ \pm 16,6$. Bei den 65 Fällen mit prä- und postoperativ standardisierten Röntgenaufnahmen wurde ein präoperativer Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel von $-21,8^\circ \pm 8,7$ gemessen und in Addition mit dem Talo-Metatarsal-I-Winkel von $-26,5^\circ \pm 11,8$ ein Talo-Metatarsal-Index von $-48,4^\circ \pm 17,3$. Postoperativ war der Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel auf $-5,7^\circ \pm 9,9$ und der Talo-Metatarsal-I-Winkel auf $-8,1^\circ \pm 9,0^\circ$ reduziert. Somit ergab sich ein postoperativer Talo-Metatarsal-Index von $-13,9^\circ \pm 16,7$. Es gibt in der Literatur lediglich eine weitere Studie, in der der prä- und postoperative Talo-Metatarsal-Index nach Arthrorise ermittelt wurden. Kuhn et al. zeigten nach Arthrorise von 20 Kindern mit Pes planovalgus mit dem Kalix-Implantat einen Rückgang des Talo-Metatarsal-Index von -36° auf -8° (Kuhn et al., 2010).

Der talocalcaneare Winkel wird in der Literatur häufig zur radiologischen Diagnostik von Fußdeformitäten gemessen. Dieses Winkelmaß lässt jedoch nur eine Aussage über die Rückfußstellung zu und missachtet die Stellung von Vorfuß zu Rückfuß. Außerdem kann in der a.p. Ebene durch Überlagerung der knöchernen Strukturen der Winkel nur schlecht bestimmt werden. Younger et al. konnten in einer Untersuchung von Plattfüßen ($35,6^\circ$) und gesunden Füßen ($34,1^\circ$) im seitlichen Strahlengang keinen Unterschied des talocalcanearen Winkels feststellen (Younger et al., 2005). Chen et al. fanden bei 32 Kindern mit Pes planovalgus einen Mittelwert für den seitlichen talocalcanearen Winkel von $41,7^\circ$ (Chen et al., 2006). Nelson et al. fanden bei 67 Plattfüßen einen Rückgang des talocalcanearen Winkels nach Arthrorise mit dem MBA-Spacer von präoperativ $25,6^\circ$ auf postoperativ $19,4^\circ$ (Nelson et al., 2004). In der vorliegenden Studie konnte eine deutliche Verbesserung des taocalcanearen

Winkels nachgewiesen werde. Präoperativ zeigte sich ein Mittelwert von $44,1^{\circ} \pm 7,1$ und nach der Arthrorise ein Mittelwert von $32,9^{\circ} \pm 6,4$.

4.4.5 Achillessehnenverlängerung

Durch die Valgusstellung der Ferse beim Plattfuß kommt es zur Verkürzung der Achillessehne. Besteht die Achillessehnenverkürzung über einen längeren Zeitraum, führt dies zu einer kontrakten Einschränkung der Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk (OSG). Giannini et al. empfahlen bei einer Dorsalflexion im OSG von weniger als 10° eine perkutane Achillessehnenverlängerung (Giannini et al., 2001). In der vorliegenden Studie wurde begleitend zur Arthrorise bei 37 von 105 Fällen eine Achillessehnenverlängerung durchgeführt. Die 62 klinisch nachuntersuchten Patienten zeigten postoperativ keine Bewegungseinschränkung im OSG und auch keine Valgusfehlstellung der Ferse über 3° . Bei den 65 prä- und postoperativ standardisiert geröntgten Kindern wurde in 23 Fällen eine perkutane Achillessehnenverlängerung durchgeführt. Ein Vergleich der präoperativen Winkelmaße zeigte in den Fällen mit Achillessehnenverlängerung höhere Werte des seitlichen talocalcarearen Winkels, des seitlichen Talo-Metatarsal-I-Winkels und des a.p. Talo-Metatarsalbasis-I-Winkels. Die Füße wiesen demnach eine höhergradige Fußdeformation auf, die durch die Achillessehnenverkürzung zu einer Dorsaleinschränkung im OSG führten. Postoperativ zeigte der a.p. Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel eine deutliche Verbesserung in den Fällen mit Achillessehnenverlängerung im Vergleich zur Gruppe ohne Achillessehnenverlängerung. Im seitlichen Strahlengang konnten bei Patienten mit Achillessehnenverlängerung jedoch keine, mit den Fällen ohne Achillessehnenverlängerung vergleichbare Verbesserungen der Winkelmaße erreicht werden. Beim seitlichen Talo-Metatarsal-I-Winkel konnten postoperativ lediglich in der Gruppe ohne Achillessehnenverlängerung Werte erzielt werden, die nach Younger et al. bei juvenilen gesunden Füßen vorliegen (Younger et al., 2005).

In der Literatur gibt es keine Studien, die Röntgenmaße im Zusammenhang mit Achillessehnenverlängerung bei Kindern vergleichen. Die Ergebnisse der

vorliegenden Arbeit weisen darauf hin, dass eine Achillessehnenverlängerung bei Kindern mit schwergradigen Plattfüßen zu einer höhergradigen Verbesserung der radiologischen Winkel führt. Aufgrund des geringen Patientenkollektivs, lassen die Ergebnisse jedoch keine abschließende Aussage über einen potentiellen Nutzen der Achillessehnenverlängerung beim Arthrorise-Verfahren zur Korrektur des kindlichen Pes planovalgus zu.

4.4.6 Schlussfolgerung

Die Arthrorise mit der Kalix-Schraube beim kindlichen flexiblen Knick-Senk-Fuß kann zu sehr guten klinischen Ergebnissen führen. Es können jedoch Komplikationen auftreten, die den Behandlungserfolg gefährden. Die postoperative Schraubendislokation trat in der vorliegenden Untersuchung häufiger bei Kindern unter 10 Jahren auf. Postoperative Schmerzen über dem Sinus tarsi (Impingement-Syndrom) können in jedem Patientenalter auftreten. Diese Schmerzen zeigten sich meistens bei Kindern, die Sportarten mit einer hohen Belastung des unteren Sprunggelenkes ausübten. Beide Komplikationen führen zu einer Unzufriedenheit der Patienten und müssen präoperativ ausführlich mit den Kindern und ihren Eltern besprochen werden.

In der Studie konnten die zwei Fälle mit rigiden Plattfüßen nicht erfolgreich mit dem Kalix-Implantat versorgt werden. Rigide Plattfüße sollten aus meiner Sicht nicht mit einer Arthroriseoperation therapiert werden. In diesen Fällen ist eine Kalkaneusverlängerungsosteotomie nach Evans oder eine Arthrodesse des unteren Sprunggelenkes zu diskutieren.

Die Diagnose eines juvenilen Knick-Senk-Fußes wird durch Untersuchung und Anamnese der Kinder gestellt. Röntgenaufnahmen sollten nur bei pathologischen Plattfüßen und vor einer operativen Therapie erfolgen. Die Röntgenaufnahmen müssen standardisiert unter Belastung in zwei Ebenen erfolgen. Der seitliche Talo-Metatarsal-I-Winkel ist leicht messbar und gilt in der Literatur als signifikanter Winkel zur Diagnostik von Plattfüßen. In Kombination mit dem von Prof. Hamel entwickelten a.p. Talo-Metatarsalbasis-I-Winkel ergibt sich der Talo-Metatarsal-Index, der das Ausmaß von Planovalgus-Deformitäten und das postoperative Behandlungsergebnis in beiden Ebenen in einer

Maßzahl beschreiben kann. Die Achillessehnenverlängerung oder ähnliche Operationstechniken zur Verlängerung des Musc. gastrocnemius ist bei der operativen Therapie von höhergradigen Plattfußdeformitäten mit einer kontrakten Dorsalflexions-Einschränkung im oberen Sprunggelenk zu empfehlen.

Die Arthrorise-Operation mit dem Kalix-Implantat kann prinzipiell zur Behandlung von juvenilen, flexiblen Knick-Senk-Füßen empfohlen werden. Die Arthrorise im Kindesalter unter 10 Jahren sollte aufgrund der erhöhten Dislokationsrate nur bei schmerzhaften und die Mobilität der Kinder einschränkenden Plattfüßen durchgeführt werden. Präoperativ ist eine intensive Aufklärung der Kinder und ihrer Eltern über die möglichen Komplikationen notwendig, insbesondere sollte von einer sportlichen Betätigung mit hoher Belastung des unteren Sprunggelenkes bis zur Entfernung des Implantats abgeraten werden.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- Addante, J. B., M. W. Chin, et al. (1992). "Subtalar joint arthroereisis with SILASTIC silicone sphere: a retrospective study." J Foot Surg **31**(1): 47-51.
- Adelaar, R. S., E. A. Dannelly, et al. (1976). "A long term study of triple arthrodesis in children." Orthop Clin North Am **7**(4): 895-908.
- Anderson, A. F. and S. B. Fowler (1984). "Anterior calcaneal osteotomy for symptomatic juvenile pes planus." Foot Ankle **4**(5): 274-83.
- Andreacchio, A., C. A. Orellana, et al. (2000). "Lateral column lengthening as treatment for planovalgus foot deformity in ambulatory children with spastic cerebral palsy." J Pediatr Orthop **20**(4): 501-5.
- Angus, P. D. and H. R. Cowell (1986). "Triple arthrodesis. A critical long-term review." J Bone Joint Surg Br **68**(2): 260-5.
- Bernbeck, R. and Dahmen G. (1983). Kinderorthopädie. Georg Thieme Verlag.
- Bertani, A., A. Cappello, et al. (1999). "Flat foot functional evaluation using pattern recognition of ground reaction data." Clin Biomech (Bristol, Avon) **14**(7): 484-93.
- Black, P. R., R. P. Betts, et al. (2000). "The Viladot implant in flatfooted children." Foot Ankle Int **21**(6): 478-81.
- Bleck, E. E. and U. J. Berzins (1977). "Conservative management of pes valgus with plantar flexed talus, flexible." Clin Orthop Relat Res(122): 85-94.
- Buruturan, J.M., et al. (1979). "El calcaneo-stop para el tratamiento del valgo de talon infantil." Chirurgia del piede **3**: 319-322.
- Caldwell, G. D. (1953). "Surgical correction of relaxed flatfoot by the Durham flatfoot plasty." Clin Orthop **2**: 221-6.
- Carranza-Bencano, A., P. Zamora-Navas, et al. (1997). "Viladot's operation in the treatment of the child's flatfoot." Foot Ankle Int **18**(9): 544-9.
- Chen, C. H., M. H. Huang, et al. (2006). "The correlation between selected measurements from footprint and radiograph of flatfoot." Arch Phys Med Rehabil **87**(2): 235-40.
- Cohen-Sobel, E., R. Giorgini, et al. (1995). "Combined technique for surgical correction of pediatric severe flexible flatfoot." J Foot Ankle Surg **34**(2): 183-94.
- De Pellegrin, M. (2005). "[Subtalar screw-arthroereisis for correction of flat foot in children]." Orthopade **34**(9): 941-53, quiz 954.
- Dockery, G.L. and Crawford M.E. (1999). "The Maxwell-Brancheau arthroereisis(MBA) implant in pediatric and adult flexible flatfoot." Foot Ankle Quarterly **12**:107-120.
- Dwyer, F.C., et al. (1961). "Osteotomy of the calcaneum in the treatment of grossly everted feet with spezial reference to cerebral pals." Impremerie des Sciences. Bruxelles. 892-7.
- Evans, D. (1975). "Calcaneo-valgus deformity." J Bone Joint Surg Br **57**(3):270-8.
- Giannestras, N.J. and Smith, R.W. (1980). "Grice arthrodesis in nonparalytic flexible flat feet. " in Bateman, J.E. and Trott, A.W. (ed) The foot and Ankle. Stuttgart. New York 116-126.

- Giannini, S., Ceccarelli, F., et al. (2001). "Surgical treatment of flexible flatfoot in children a four-year follow-up study." J Bone Joint Surg Am **83**(Suppl 2 Pt 2):73-79.
- Giannini, S., M. Girolami, et al. (1985). "The surgical treatment of infantile flatfoot. A new expanding endo-orthotic implant." Ital J Orthop Traumatol **11**(3): 315-22.
- Gould, N., M. Moreland, et al. (1989). "Development of the child's arch." Foot Ankle **9**(5): 241-5.
- Grice, D. S. (1952). "An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children." J Bone Joint Surg Am **34 A**(4): 927-40; passim.
- Grumhine, N.A., et al. (1987). "Talar neck osteotomy for the treatment of severe structural flatfoot deformities." Clin Podiatr Med Surg **4**:119-136.
- Gutierrez, P. R. and M. H. Lara (2005). "Giannini prosthesis for flatfoot." Foot Ankle Int **26**(11): 918-26.
- Hamel, J. and C. Kinast (2006). "Der TMT-Index zur radiologischen Quantifizierung von Planovalgus-Deformitäten." FussSprungg **4**: 221-226.
- Haraldsson, S. (1965). "Pes Plano-Valgus Staticus Juvenilis and Its Operative Treatment." Acta Orthop Scand **35**: 234-56.
- Hefti, F. and R. Brunner (1999). "[Flatfoot]." Orthopade **28**(2): 159-72.
- Jani, L. (1986). "[Pediatric flatfoot]." Orthopade **15**(3): 199-204.
- Jerosch, J., J. Schunck, et al. (2009). "The stop screw technique--a simple and reliable method in treating flexible flatfoot in children." Foot Ankle Surg **15**(4): 174-8.
- Kissel, C. G. and T. J. Hulst (1999). "Dystonia: a case report and review." J Foot Ankle Surg **38**(4): 283-9.
- Kissel, C. G., et al. (1999). "Triplane correction of the flexible flatfoot." in Jay, R.M. (ed) Pediatric foot & ankle surgery. W.B.Saunders. Philadelphia. 204-207.
- Koutsogiannis, E., et al. (1971). "Treatment of mobile flat foot by displacement osteotomy of the calcaneus." J Bone Joint Surg (Br) **53**:96-100.
- Kuhn, H., Zuther, W., et al. (2010). "Die subtalare Arthrorise mittels Kalix Implantat beim flexiblen Knick-Senkfuß." FussSprungg **8**(1):48-54.
- Legg, A.T., (1912). "The treatment of congenital flatfoot by tendon transplantation." Am J orthop Surg **10**:584-586.
- LeLievre, J. (1970). "Current concepts and correction in the valgus foot." Clin Orthop Relat Res **70**: 43-55.
- Lepow, G. M. and S. D. Smith (1989). "A modified subtalar arthroereisis implant for the correction of flexible flatfoot in children. The STA Peg procedure." Clin Podiatr Med Surg **6**(3): 585-90.
- Lin, C. J., K. A. Lai, et al. (2001). "Correlating factors and clinical significance of flexible flatfoot in preschool children." J Pediatr Orthop **21**(3): 378-82.
- Lowman, C.L., (1923). "An operative method for correction of certain forms of flatfoot." Jama **81**:1500-1505.

- Maxwell, J.R., A. Carro, et al. (1999). "Use of the Maxwell-Brancheau arthroereisis implant for the correction of posterior tendon dysfunction." Clin Podiatr Med Surg **16-3**: 479-489.
- Maxwell, J.R., W. Knudson, et al. (1998). "The MBA arthroereisis implant: early prospective results." Reconstructive surgery of the foot and leg. Chapter 42. 256-264
- McCall, R. E., J. S. Lillich, et al. (1985). "The Grice extraarticular subtalar arthrodesis: a clinical review." J Pediatr Orthop **5**(4): 442-5.
- Mereday, C., C. M. Dolan, et al. (1972). "Evaluation of the University of California Biomechanics Laboratory shoe insert in "flexible" pes planus." Clin Orthop Relat Res **82**: 45-58.
- Meystre, J. L. (1979). "[12. Foot arthrodeses. b). 10-year results of Grice's extra-articular arthrodesis]." Orthopade **8**(2): 172-5.
- Nelson, S. C., D. M. Haycock, et al. (2004). "Flexible flatfoot treatment with arthroereisis: radiographic improvement and child health survey analysis." J Foot Ankle Surg **43**(3): 144-55.
- Pisani, G., (1977). "Considerazioni sull'artrosi della sottoastragala." Chi Piede **1**:433-440.
- Poschmann, M., S. Lipovac, et al. (2007). "Korrektur des spastischen Knicksenkfußes durch subtalare Arthrorise mittels Kalixschraube." Meeting Abstract, Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie, 24. – 27.10.2007, Berlin.
- Rao, U. B. and B. Joseph (1992). "The influence of footwear on the prevalence of flat foot. A survey of 2300 children." J Bone Joint Surg Br **74**(4): 525-7.
- Rathjen, K. E. and S. J. Mubarak (1998). "Calcaneal-cuboid-cuneiform osteotomy for the correction of valgus foot deformities in children." J Pediatr Orthop **18**(6): 775-82.
- Rose, G. K., E. A. Welton, et al. (1985). "The diagnosis of flat foot in the child." J Bone Joint Surg Br **67**(1): 71-8.
- Ross, P. M. and E. D. Lyne (1980). "The Grice procedure: indications and evaluation of long-term results." Clin Orthop Relat Res **153**: 194-200.
- Roth, S., B. Sestan, et al. (2007). "Minimally invasive calcaneo-stop method for idiopathic, flexible pes planovalgus in children." Foot Ankle Int **28**(9): 991-5.
- Ryerson, E.W., (1909) "Tendon transplantation in flatfoot." Am j Orthop Surg **7**:505-507.
- Schröder, S., N. Ihme, et al. (2006). "Subtalare Arthrorise mittels Kalix-Schraube bei Knick-Senkfuß." FussSprungg **4**(4):214-220.
- Smith, S. D. and E. A. Millar (1983). "Arthrorisis by means of a subtalar polyethylene peg implant for correction of hindfoot pronation in children." Clin Orthop Relat Res **181**: 15-23.
- Staheli, L. T. (1999). "Planovalgus foot deformity. Current status." J Am Podiatr Med Assoc **89**(2): 94-9.
- Subotnik, S., et al. (1973). "The flexible flatfoot." Arch Pod Met Foot Surg **1**:7-33.

- Tachdjian, M.O., (1986). "The child's foot" WB Saunders, Philadelphia.
- Valenti, V., et al. (1976). "Artrorisi sottoastragalica con protesi acrilica nel trattamento del piede piatto-valgo dell'infanzia." Minerva Ortop **27**:309-314.
- Vanderwilde, R., L. T. Staheli, et al. (1988). "Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children." J Bone Joint Surg Am **70**(3): 407-15.
- Verheyden, F., E. Vanlommel, et al. (1997). "The sinus tarsi spacer in the operative treatment of flexible flat feet." Acta Orthop Belg **63**(4): 305-9.
- Viladot, A. (1992). "Surgical treatment of the child's flatfoot." Clin Orthop Relat Res(283): 34-8.
- Viladot, R., M. Pons, et al. (2003). "Subtalar arthroereisis for posterior tibial tendon dysfunction: a preliminary report." Foot Ankle Int **24**(8): 600-6.
- Villani, C., F. Chiozzi, et al. (2003). "Flat foot: a comparison of surgical methods." Chir Organi Mov **88**(1): 49-55.
- Viladot-Voegeli, A., I. Lopez, et al. (1993). "A long term follow up after setrite implant for flat foot." in Benamon P.H., J. Montagne (eds), *Medicine et Chirurgie du Pied*, Paris, Ed. Masson, 118-123.
- Volpon, J. B. (1994). "Footprint analysis during the growth period." J Pediatr Orthop **14**(1): 83-5.
- Voutey, H. (1978). "Manuel De Chirurgie Orthopedique Et De Reeducation Du Pied." Masson (pub).
- Wenger, D. R., D. Mauldin, et al. (1989). "Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children." J Bone Joint Surg Am **71**(6): 800-10.
- Wirth, C.J., L. Zichner, (2002). "Fuß: das Standardwerk für Klinik und Praxis." Thieme-Verlag.
- Wrenger, M., (2006). "Die subtalare Arthrorise mit dem Kalix-Implantat in der Therapie des symptomatischen kindlichen Pes planovalgus – Eine Vergleichsstudie mit der extraartikulären Arthrodesse nach Grice-Green." Dissertation Universität Münster.
- Young, C., S. Charles, (1939). "Operative treatment of pes planus." Surg Gynecol Obstet **68**: pp 1099-1102.
- Younger, A. S., B. Sawatzky, et al. (2005). "Radiographic assessment of adult flatfoot." Foot Ankle Int **26**(10): 820-5.
- Zollinger, H., J. P. Elsig, et al. (1994). "[Foot problems in the elderly]." Orthopade **23**(1): 76-9.

Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren in Bonn Prof. H.W. Keller, Dr. med. J. Müller-Stromberg, Dr. med. H. Haas, in Gütersloh Priv.-Doz. U. Boudriot.

Danksagung

Ich bedanke mich Bei Herrn Prov. Doz. Dr. med. Ulrich Boudriot für die Bereitstellung der Promotionsarbeit .

Weiterhin bedanke ich mich bei den Mitarbeiterinnen des Sekretariats, insbesondere Frau Angelika Schöniger und den Kollegen der Klinik für Orthopädie sowie den Mitarbeitern der radiologischen Abteilung und des Archivs im Sankt-Elisabeth-Hospital Gütersloh für Ihre Hilfsbereitschaft.

Ich danke meiner Familie für den steten Rückhalt und meiner Ehefrau, Dr. Tamara Quandel, für die Ermutigung zur Fertigstellung dieser Arbeit sowie für Ihre enorme Hilfe und Liebe.